Centro Direzionale Intesa Sanpaolo, Torino

Il grattacielo Torre Intesa Sanpaolo è in fase di avanzata realizzazione in pieno centro di Torino (zona Porta Susa). L'edificio sarà destinato al centro direzionale del gruppo bancario, ma avrà spazi e strutture fruibili dalla cittadinanza. Si tratta di un'opera imponente di 6 piani interrati e 38 piani fuori terra che si sviluppano fino oltre 165 m, appena al di sotto della altezza della Mole Antonelliana.

Il progetto architettonico è del prestigioso studio di Renzo Piano e si avvale della progettazione strutturale da parte di studi di ingegneria internazionali.

I piani fuori terra sono realizzati con tre nuclei in calcestruzzo armato e da una poderosa struttura in acciaio a media e alta resistenza (S355 e S460) con peculiari caratteristiche di tenacità, garantite ovviamente anche in corrispondenza dei giunti saldati.

La struttura metallica del solaio principale destinata a sorreggere oltre 30 piani del grattacielo (transfer), le strutture minori ai piani superiori e le colonne in acciaio alle quali i carichi di tutti i solai vengono trasferiti (megacolonne), corrispondono globalmente ad oltre 20000 t di acciaio; le lamiere e i profili laminati hanno spessore in gran parte tra 50 mm e 100 mm, fino a 200 mm per elementi speciali fucinati.

IIS SERVICE, società dell'Istituto Italiano della Saldatura, sta collaborando alla realizzazione dell'opera con Committente, Direzione Lavori e Costruttori, dalla fase di supervisione dei disegni costruttivi fino alla fabbricazione ed al controllo dei giunti saldati di prefabbricazione e di montaggio.

TECNOELETTRA: QUALITÀ IN OGNI DETTAGLIO.

TECNOELETTRA è presente sul mercato della saldatura da 40 anni, collaborando a stretto contatto con i maggiori nomi del settore. Tutto questo ha sicuramente portato un know-how di primo livello nelle varie fasi di studio e realizzazione di tutti i prodotti. Grazie a tutti questi feed-back ed alle esperienze di clienti e fornitori, costruiamo prodotti all'avanguardia in grado di risolvere le problematiche che si possono trovare nel lavoro di tutti i giorni.

In seguito alle direttive 89/686 riguardanti i Dispositivi di Protezione Individuale, e la direttiva 73/23 93/28 sulla bassa tensione, tutta la nostra produzione è stata oggetto di certificazione, ottenendo il massimo dei risultati. Produciamo in regime di qualità su tutta la filiera. Manuali, istruzioni e procedure sono stilati ed aggiornati costantemente. Controlliamo che ogni singolo pezzo ed ogni processo di lavorazione risponda alle norme di conformità. TECNOELETTRA opera in sistema di qualità certificato UNI EN ISO 9001.

TECNOELETTRA S.p.A. via Nazionale, 50a-70 - 23885 Calco [LC] Italy - tel. +39 039 9910429 - fax +39 039 9910431 - info@tecnosa.it - www.tecnosa.it

Articoli

ANNO LXIV Luglio - Agosto 2012
Periodico Bimestrale

Rubriche

DIRETTORE RESPONSABILE:
Dott. Ing. Mauro Scasso
REDATTORE CAPO:
Dott. Ing. Michele Murgia; michele.murgia@iis.it
REDAZIONE:
Isabella Gallo; isabella.gallo@iis.it
Maura Rodella; maura.rodella@iis.it
PUBBLICITÀ:
Franco Ricciardi; franco.ricciardi@iis.it
Cinzia Presti; cinzia.presti@iis.it
ABBONAMENTI:
Francesca Repetto; francesca.repetto@iis.it

Organo Ufficiale
dell'Istituto Italiano della Saldatura

Direzione - Redazione - Pubblicità:
Lungobisagno lstria, 15 · 16141 Genova
Telefono: 010 8341475 · Fax: 010 8367780
redazione.rivista@iis.it · www.iis.it

Abbonamento annuale 2012
Italia: ....€ 100.00
Estero: ....€ 170.00
Un numero separato:... € 26.00
La Rivista viene inviata gratuitamente ai Soci dell'Istituto Italiano della Saldatura.

Rivista associata

Registrazione al ROC n° 5042 - Tariffa regime libero: "Poste Italiane SpA - Spedizione in Abbonamento Postale 70%, DCB Genova"
Fine Stampa Agosto 2012
Aut. Trib. Genova 341 – 20.04.1955

Stampa: ALGRAPHY S.r.l. - Genova - www.algraphy.it

Nel prossimo numero parleremo di...

Articoli

Saldatura ibrida laser-MIG di giunti a T in lega di titanio

Prove di reheat cracking su acciaio 2.25Cr 1Mo 1/4V

State of the art for flaw tolerance assessment of pipeline girth welds

Radiografia Digitale: Caratterizzazione dei sistemi CR

Qualificazione del processo di placcatura, normativa applicabile

Dagli anni sessanta l'impegno di IIS e IIS CERT nella qualificazione, certificazione e approvazione del personale PND

International Institute of Welding (IIW)

Creep rupture properties and fracture type of 9Cr-1Mo-V-Nb/18Cr-8Ni steel dissimilar joints

Didattica

Il processo di saldatura plasma

Se vuoi inviare un articolo, una riflessione, un quesito o altro materiale che ritieni possa essere di interesse per la comunità di esperti e di appassionati di saldatura della Rivista, puoi inviare il tuo gradito contributo all'indirizzo:

redazione.rivista@iis.it

Istruzioni per la presentazione degli articoli

L' articolo pervenuto sarà sottoposto all'esame del Comitato di Redazione che ne vaglierà i contenuti per l'accettazione.
Gli Autori saranno prontamente informati delle decisioni del Comitato di Redazione.
L'articolo approvato per la pubblicazione dovrà pervenire alla Redazione entro i termini fissati, completo di:

- titolo definitivo
- breve curriculum dell'Autore/i
- abstract in italiano ed in inglese
- testo in file Word, carattere Times LT Std, 10 pt
- tabelle ed immagini ad alta definizione (ogni singola tabella e/o figura deve essere corredata della relativa didascalia)
- se esistente, la bibliografia deve essere riportata nello stesso ordine di citazione nel testo, come da esempio:
  [1] Lezzi F. e Murgia M.: «Rischi connessi alla saldatura e procedure di protezione». Rivista Italiana della Saldatura, n.1/2000, pp. 51-58.

Editoriale

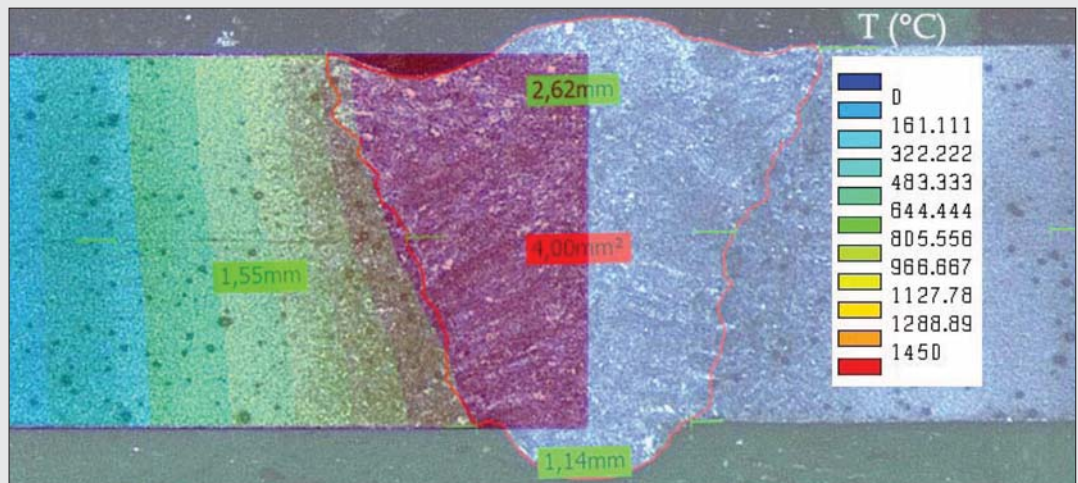
Il mercato ha sempre ragione?

In tempi di globalizzazione, il "mercato", inteso nella sua accezione più ampia, ha assunto una significanza estensiva, ben maggiore di quella, pur considerevole, rappresentata in tempi meno recenti e più raccolti.
Coerentemente, la gestione del rapporto con il mercato è stato oggetto, nel corso degli anni, di pensieri approfonditi. Che, come sempre in questi casi, hanno prodotto varie tipologie di "esperti".
Per quanto concerne, soprattutto, i beni di consumo ed i servizi non industriali, sono state scomodate discipline quali la sociologia e la psicologia, al fine di individuare strumenti di comunicazione (pubblicità, campagne promozionali, ecc.) atti a condizionare (quando non a plagiare) il mercato, dando luogo ad autentici modelli sociali.
Per quanto concerne, soprattutto, i beni ed i servizi industriali, sono state adottate le teorie più varie: si è distinto il "marketing" strategico (che si occupa dei bisogni insoddisfatti del mercato) dal "marketing" operativo (inteso, anche ma non solo, come lo studio analitico del mercato), è nata la "Customer Satisfaction", il "Customer Relationship Management" (inteso come la gestione globale delle relazioni con i clienti) e tante altre cose ancora.
In questo scenario il mercato reagisce, di regola, da par suo, premiando i fornitori di beni e servizi che soddisfano le esigenze immediate, comunque percepite, nonché gli agenti commerciali e gli amministratori che, in ragione di ciò, innalzano il livello delle vendite ed il valore dei ricavi.
Si realizza così una tipica situazione da "paese dei balocchi", in cui i risultati a breve possono essere anche molto soddisfacenti, mentre i risultati a medio e lungo termine possono risultare, per contro, altrettanto insoddisfacenti (ma pensati sulle spalle dei successori).
Pertanto, alla domanda posta dal titolo di questo editoriale, ovvero se "il mercato abbia sempre ragione", ritengo occorra rispondere con un salomonico "dipende": sì, nel breve termine; no, nel medio e lungo termine. Con qualche riserva sulla parola "sempre".
Il mercato è, per sua natura, incerto, incostante e poco preveggente.
Potremmo dire "infantile", attento all'oggi e con idee non sempre chiare sul cosa farà "da grande".
Frotte di "fiduciosi" hanno pagato a caro prezzo eccessi di "confidenza" nei riguardi del medesimo!
La preveggenza, che ovviamente non può essere monopolio di alcuno, appare tuttavia, in questo contesto, di assai maggior pertinenza (commercialmente parlando) del fornitore che, se vuol essere pronto a soddisfare richieste impreviste o proporre nuove soluzioni, a fronte di un mercato in divenire, deve avere contezza delle direzioni evolutive del mercato medesimo.
"Innovazione" essendo la parola d'ordine, soprattutto nel contesto industriale, di questo processo evolutivo, al di là dei segnali, talvolta deboli, che possono pervenire.
L'"innovazione" si fa con la conoscenza.
E la conoscenza la si acquisisce ricercandola.
Quindi con la "ricerca". Che, nel caso di specie, deve essere "near market", ovvero tale da rendere i risultati ottenuti direttamente appetibili per il mercato, in tempi sufficientemente brevi da consentire un vantaggio competitivo rispetto ai concorrenti.
Coerente con questo contesto, è nata, ultima fra le teorie "mercantili", la "Co-creation", ovvero la sintesi creativa fra le esigenze emergenti del cliente e le relative proposte del fornitore. Chiudendo in tal modo un circolo virtuoso.
In attesa che il mercato si trasformi in un luogo arcadico di armonia e di condivisione, all'operatore di mercato avveduto non resta che continuare a darsi da fare per cercare di capire dove sta andando il mondo!

Dott. Ing. Mauro Scasso
Segretario Generale IIS

Böhler Welding
GROUP
COMPETENCE
IN FILLER METALS
Dai pipelines alle centrali elettriche, dalle strutture saldate agli impianti di estrazione di gas e petrolio, alle raffinerie: ogni progetto impone requisiti specifici e differenti per i materiali di saldatura impiegati. Böhler Welding Group con i suoi 6 importanti marchi di prodotto, ha la soluzione ideale per ogni situazione. Per tutti i casi di richieste particolarmente esigenti, potete affidarvi a noi per QUALITA', AFFIDABILITA' E TEMPI DI CONSEGNA.
Böhler Welding Group Italia | Tel: 02 39017.1 | mail : info@btw.it | www.btw.it
FULFILLING HIGH DEMANDS
www.boehlerweldinggroup.com
Böhler WELDING
UTP
FONTARGEN
soudokay
Avesta Welding

Microstruttura e proprietà meccaniche di giunti saldati a fascio elettronico in acciaio DP600 (°)

P. Ferro *
A. Tiziani *
R. Cervo *

Sommario / *Summary*

Al fine di ridurre il consumo di carburante e le emissioni gassose inquinanti, gli acciai bifasici (Dual Phase) vengono utilizzati nell'industria automobilistica per le loro elevate proprietà meccaniche associate ad un valore iniziale elevato dell'indice di incrudimento e ad una elevata deformazione plastica uniforme.
In tali applicazioni, la saldatura per fusione di questi materiali, alterandone la microstruttura, modifica le proprietà meccaniche statiche e a fatica dei giunti stessi.
Un modo per attenuare gli effetti negativi indotti da tale processo è quello di ridurre drasticamente l'estensione della zona termicamente alterata dove solitamente si verifica un calo delle proprietà meccaniche. Scopo del lavoro è stato quello di valutare le variazioni microstrutturali indotte dalla saldatura a fascio elettronico e il loro effetto sulle proprietà meccaniche in acciai DP600. In zona fusa è stata evidenziata la presenza di ferrite allotriomorfa, bainite e isole di martensite, mentre in zona termicamente alterata, la percentuale di martensite diminuiva all'aumentare della distanza dal cordone di saldatura.
I picchi di durezza sono stati misurati all'interfaccia zona fusa / zona termicamente alterata e non è stata evidenziata la presenza di zone di durezza inferiore a quella del metallo base. La frattura di tutti i campioni saldati è avvenuta nel metallo base.

Considering the safety standards required in the automotive industry and the need to reduce fuel consumption and greenhouse gas emissions, dual phase (DP) steels have gained their popularity thanks to their higher tensile strength in conjunction with superior formability if compared to the steel grades of similar yield strength. Such properties are related to their microstructure, which consists of soft ductile ferrite matrix, strengthened by hard martensitic phase. It is well known that welding processes play an important role in the automotive industry since they modify the mechanical, fatigue and metallurgical properties of the base material. A way to counteract the detrimental effects of welding is to reduce the width of heat affected zone (where mechanical properties generally decay) by using high power density processes. This work is aimed at evaluating the effects of Electron Beam Welding on metallurgical and mechanical properties of DP600 steel joints. Allotriomorphic ferrite, bainite and islands of martensite were detected in fusion zone. Results show that mechanical properties of the electron beam welded joints are comparable with those of parent metal both in terms of static strength and ductility.

IIW Thesaurus Keywords:
Automobile engineering; EB welding; fatigue strength; high strength steels; mechanical properties; mechanical tests; metallography; microstructure; weldability.

(°) *Memoria presentata alle Giornate Nazionali di Saldatura 6, Workshop: "Metallurgia e Saldabilità", Genova 26-27 Maggio 2011*
* *Università di Padova, Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali*

1. Introduzione

Il mondo dell'industria, e in particolare il settore automotive, è particolarmente sensibile alle attuali esigenze riguardanti la riduzione delle emissioni inquinanti, la riduzione dei consumi e la sicurezza dei veicoli; tali richieste hanno spinto molti produttori e ricercatori a sviluppare nuove leghe metalliche in grado di contribuire a migliorare le prestazioni dei componenti in relazione ai suddetti scopi.
Gli acciai altoresistenziali avanzati (Advanced High Strength Steels - AHSS) costituiscono una nuova categoria di materiali in grado di far fronte alle nuove sopra citate necessità; essi si suddividono in diverse famiglie a seconda della microstruttura e dei processi produttivi secondo i quali vengono ottenuti. In particolare, gli acciai Dual Phase (DP), caratterizzati da una matrice ferritica rafforzata dalla presenza di isole di martensite (Fig. 1), rispettano i requisiti specifici dei materiali destinati ad un impiego nell'ambito automotive.
A livello microstrutturale infatti, la ferrite garantisce duttilità e quindi ottime capacità di formatura; d'altro canto, la martensite è caratterizzata da elevata durezza, la quale conferisce alla lega un'eccellente resistenza meccanica, soprattutto in termini di tensione di snervamento e di rottura.
Quest'ultima caratteristica degli acciai DP permette una riduzione degli spessori dei componenti strutturali e conseguentemente una riduzione del peso globale dei veicoli rispetto a materiali tradizionali quali acciai al carbonio o i classici acciai ad elevata resistenza microlegati (HSLA).
Infine, la buona combinazione fra duttilità e resistenza meccanica rende questi acciai adatti alla produzione di componenti strutturali con elevata capacità di assorbimento di energia all'urto. Come spesso accade nello sviluppo di materiali innovativi, possono insorgere alcuni problemi tecnologici legati per esempio alla saldatura dei componenti.
Nel caso degli acciai DP, l'operazione di saldatura è particolarmente delicata: da una parte le esigenze di produzione richiedono processi veloci ed automatizzabili, dall'altra le richieste applicative e le specifiche di progetto necessitano del mantenimento delle ottime proprietà meccaniche tipiche di questi acciai, e di conseguenza una contenuta alterazione metallurgica del materiale base durante il procedimento di giunzione. Poichè la microstruttura del metallo base viene modificata dal processo di saldatura, è di estrema importanza conoscere gli effetti dei parametri di processo sulle proprietà dei giunti saldati. Maggiore è l'apporto termico utilizzato e maggiore sarà l'effetto sulla microstruttura di partenza.
In un recente lavoro Tiziani, et al. [1] hanno valutato gli effetti di diversi processi di saldatura su un acciaio altoresistenziale DP600 in termini di alterazione microstrutturale e proprietà meccaniche del giunto finale. Sono stati considerati sia processi convenzionali ad arco che ad alta densità di potenza. I risultati hanno dimostrato come tutti i giunti fossero caratterizzati da una zona fusa costituita da ferrite aciculare, bainitica e allotriomorfa, e un fenomeno di "softening" in zona termicamente alterata (ZTA) dovuto sia ad un ingrossamento del grano ferritico sia al rinvenimento della martensite (come già ampiamente documentato in letteratura); è stato verificato come l'ingrossamento del grano in ZTA fosse proporzionale all'apporto termico. Il fenomeno di "softening" risultava quindi più accentuato nelle saldature ad arco e di conseguenza la resistenza a trazione di tali giunti era peggiore rispetto a quella dei campioni saldati a fascio elettronico. Un altro interessante lavoro è stato condotto da Kang et al. [2], i quali analizzarono acciai DP600 e TRIP600 saldati mediante tecnologia laser in termini di durezza, microstruttura e proprietà meccaniche. In entrambe le tipologie di acciaio, la durezza della zona fusa era aumentata rispetto a quella del metallo base anche se le regioni che presentavano i massimi valori erano diverse nei due casi. In particolare, la massima durezza nei DP veniva raggiunta in ZTA vicino alla zona fusa ed era associata alla formazione di bainite, ferrite e piccole percentuali di martensite. Nella prova a trazione, tutti i campioni manifestavano la rottura in prossimità del metallo base (MB), una tensione di snervamento superiore ma un allungamento inferiore rispetto al materiale d'origine. Infine la formabilità è stata stimata essere l'80% di quella del metallo d'origine. Xia et al. [3] analizzarono gli effetti dell'apporto termico sull'effetto di addolcimento in ZTA indotto dal rinvenimento della martensite. Si riscontrò che quest'ultimo variava sia in funzione della percentuale di martensite nel metallo base sia in funzione dell'apporto termico utilizzato. In particolare il massimo effetto di addolcimento era proporzionale al contenuto di martensite mentre l'apporto termico controllava il completamento del fenomeno. Un recente lavoro sulla saldatura laser di acciai DP600 è stato condotto da Farabi et al. [4]. Essi valutarono le modificazioni microstrutturali dopo saldatura e il loro effetto sulle proprietà di resistenza statica e a fatica. In accordo con i precedenti lavori, è stata riscontrata una diminuzione della duttilità e un aumento della tensione di snervamento dopo saldatura. Sebbene il limite di fatica dei giunti saldati fosse leggermente inferiore rispetto a quello del metallo base, la resistenza a fatica per livelli elevati dell'ampiezza di sollecitazione era quasi la stessa (nei limiti

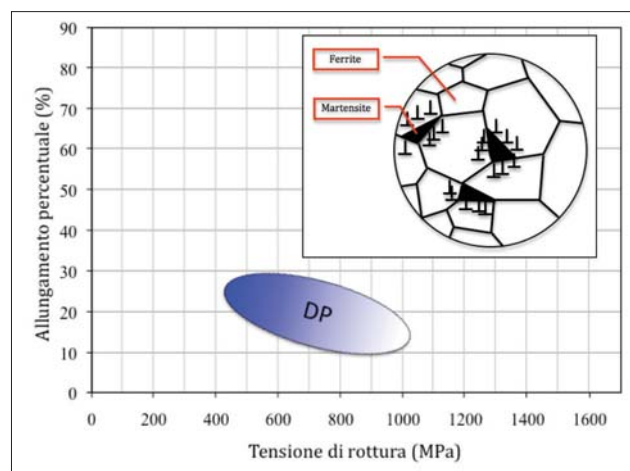



Figura 1 – Proprietà meccaniche e microstruttura degli acciai Dual Phase

TABELLA 1 - Composizione chimica nominale (% in peso) dell'acciaio DP600 analizzato

C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Ni	Cu	Al	V	Fe
0.01	0.02	0.16	0.013	0.02	0.04	0.47	0.04	0.01	0.041	0.02	Bal.

TABELLA 3 - Parametri di saldatura a fascio elettronico

High voltage [kV]	Beam current [mA]	Focusing current [mA]	Travel speed [mm/s]	Heat input [kJ/mm]
150 ± 2%	7.5 ± 5%	367 ± 2%	9	0.1

TABELLA 2 - Proprietà meccaniche nominali dell'acciaio DP600 analizzato

Tensione di snervamento σ_{Sn} [MPa]	439
Tensione di rottura σ_R [MPa]	653
Allungamento percentuale A%	18

delle variazioni statistiche dei risultati ottenuti) nonostante la presenza in ZTA di una zona addolcita per effetto del rinvenimento della martensite. In questo caso, la rottura, sia statica che a fatica, avveniva in ZTA vicino al metallo base. Al fine di ampliare le conoscenze relative alla saldatura ad alta densità di potenza di questa tipologia di acciai, in questo lavoro sono stati analizzati giunti in acciaio DP600 saldati a fascio elettronico. Il basso apporto termico utilizzato in tale processo, limitando notevolmente gli effetti dannosi di addolcimento in ZTA, si è dimostrato essere il parametro chiave per l'ottenimento di giunti di elevata qualità.

2. Materiali e metodi

2.1 Materiale

Il materiale base (DP600) si presentava sotto forma di lamiere zincate a caldo, di spessore 2 mm. La composizione chimica e le proprietà meccaniche nominali sono riportate nelle Tabelle 1 e 2.

2.2 Saldatura a fascio elettronico (EBW)

Le operazioni di saldatura sono state eseguite sia su lamierini tal quali (indicati con Z) sia su campioni di materiale base ai quali è stata preventivamente rimossa la zincatura in prossimità della zona di giunzione (indicati con NZ).
Le lamiere sono state saldate testa a testa con tecnologia EBW (Electron Beam Welding), utilizzando i parametri riportati nella Tabella 3, per entrambi i giunti (zincato e non). L'apporto termico (heat input in Tab. 3) è stato calcolato utilizzando l'Equazione (1) [5]:

$$HI[kJ/mm] = \eta \frac{V[V] \times I[A]}{v[mm/s] \times 1000} \quad (1)$$

dove η è l'efficienza termica del processo (assunta pari a 0.8 per la saldatura a fascio elettronico come riportato in [6]), V è la tensione media in Volt, I è l'intensità di corrente media in Ampere, v è la velocità di avanzamento in mm/s e 1000 è un fattore di conversione.

2.3 Analisi metallurgiche

Dalle piastre saldate sono stati ricavati dei saggi trasversali del cordone i quali sono stati preparati per l'analisi metallografica utilizzando carte abrasive in carburo di silicio P180, P500, P1200 e P2400 e successivamente panni di pasta diamantata di granulometria 6 e 3 μm. I campioni sono stati in seguito attaccati chimicamente con una soluzione Nital 2% per evidenziarne la microstruttura. Le analisi metallurgiche sono state effettuate mediante uno stereoscopio ed un microscopio ottico. Le misure allo stereoscopio, interfacciato con un sistema software per l'acquisizione dell'immagine, hanno consentito l'esame morfologico del cordone di saldatura; le analisi microstrutturali, il calcolo della dimensione del grano e della distribuzione delle fasi (su immagini a 1000x), sono state realizzate con l'ausilio di un software per l'analisi di immagine LEICA QWIN interfacciato con il microscopio ottico.

2.4 Prove meccaniche

La caratterizzazione meccanica dei giunti è stata effettuata mediante test di trazione secondo normativa UNI EN 895 e misure di microdurezza. I campioni per i test di trazione sono stati prelevati in direzione trasversale alla direzione di saldatura, e sono stati lavorati secondo la geometria indicata nella Figura 2. Sono stati testati tre campioni per tipologia di saldatura (Z, NZ) a temperatura ambiente da cui si sono ricavate la tensione di snervamento, la tensione di rottura e l'allungamento percentuale a rottura. Per la costruzione dei profili di microdurezza, sono state eseguite prove Vickers sui campioni attaccati chimicamente, utilizzando un carico di 100 g. L'asse centrale della saldatura è stato determinato osservando attentamente la geometria della zona fusa al microscopio e tutte le impronte sono state opportunamente spaziate l'una dall'altra in modo da evitare l'effetto di incrudimento locale del materiale.

3. Risultati e discussione

3.1 Macrografie dei giunti saldati

Nella Figura 3 vengono riportate alcune immagini delle lamiere saldate con le relative zone di prelievo dei saggi (2 per tipologia di giunto); sono inoltre mostrate le macrografie dei

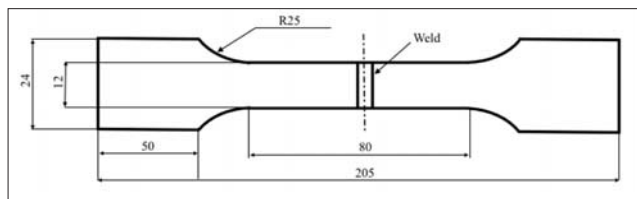



Figura 2 - Geometria dei campioni sottoposti a test di trazione (dimensioni in mm)

cordoni e le loro caratteristiche dimensionali. Confrontando le dimensioni riportate nella Figura 3, si nota come larghezza del cordone ed estensione della ZTA siano confrontabili. La zona fusa ha una larghezza superiore media di 2.52 mm, una larghezza inferiore media di 1.35 mm e un'area media di 3.86 mm^2; la ZTA si estende invece per una larghezza media di 1.34 mm dal cordone di saldatura.

3.2 Profili di microdurezza ed evoluzione microstrutturale dei giunti

La Figura 4 riporta i profili di microdurezza ricavati in prossimità della mezzeria delle sezioni trasversali dei giunti in esame (sono stati analizzati due campioni per condizione, Fig. 3). In zona fusa (Fig. 5a), si riscontra la presenza di una struttura mista costituita da martensite, ferrite allotriomorfa e bainite (come evidenziato anche dalle notevoli variazioni del profilo di microdurezza in tale zona). Le fasi martensitica e bainitica sono imputabili all'elevata velocità di raffreddamento imposta dall'operazione di saldatura mentre la presenza di ferrite allotriomorfa è probabilmente dovuta alla formazione di micro-segregazioni durante la fase di solidificazione. Il valore medio di durezza si aggira intorno ai 300 HV e ciò conferma la presenza di una microstruttura mediamente più dura rispetto a quella del materiale base. Quest'ultimo infatti, risulta costituito da ferrite equiassica e martensite (20-22%), come illustrato nella Figura 5b, ed è caratterizzato da una durezza che oscilla tra i 200 e i 230 HV. A causa della parziale austenitizzazione della struttura e dei rapidissimi cicli di raffreddamento indotti dalla saldatura a fascio elettronico, la quantità di martensite aumenta in prossimità della zona termicamente alterata; tale zona è caratterizzata da un incremento dei valori della durezza (che raggiungono i 350-400 HV dove è avvenuta la completa austenitizzazione) e risulta essere composta principalmente da martensite e ferrite tendenzialmente equiassica (Fig. 6).
In letteratura è stata spesso evidenziata la formazione di una cosiddetta "softening zone" in relazione alla saldatura di acciai Dual Phase [1, 2, 3]. È stata dimostrata l'esistenza di una porzione della zona termicamente alterata (in cui la tem-

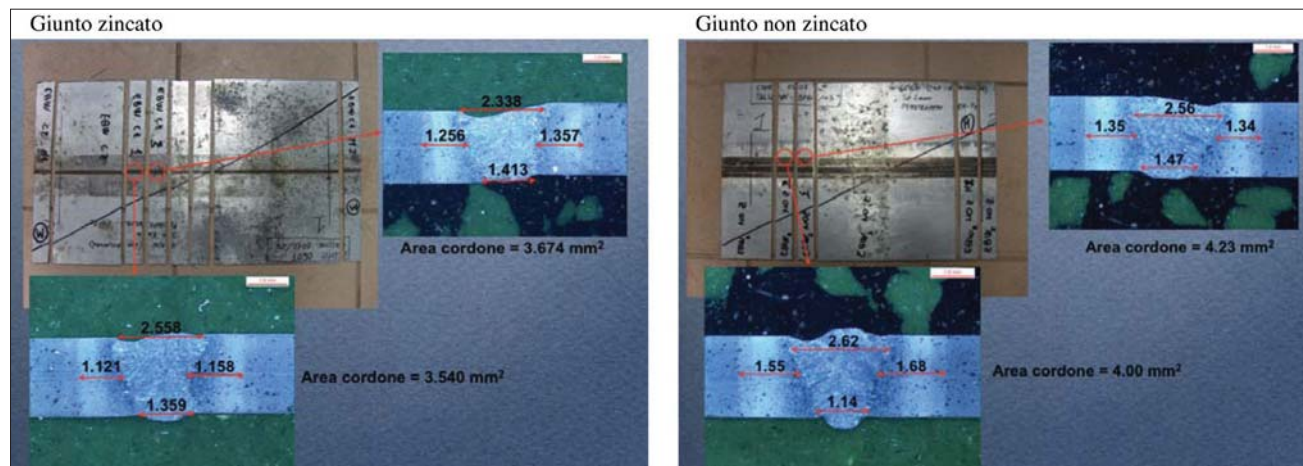



Figura 3 - Zone di prelievo e dimensioni caratteristiche dei cordoni di saldatura (tutte le dimensioni sono in mm)

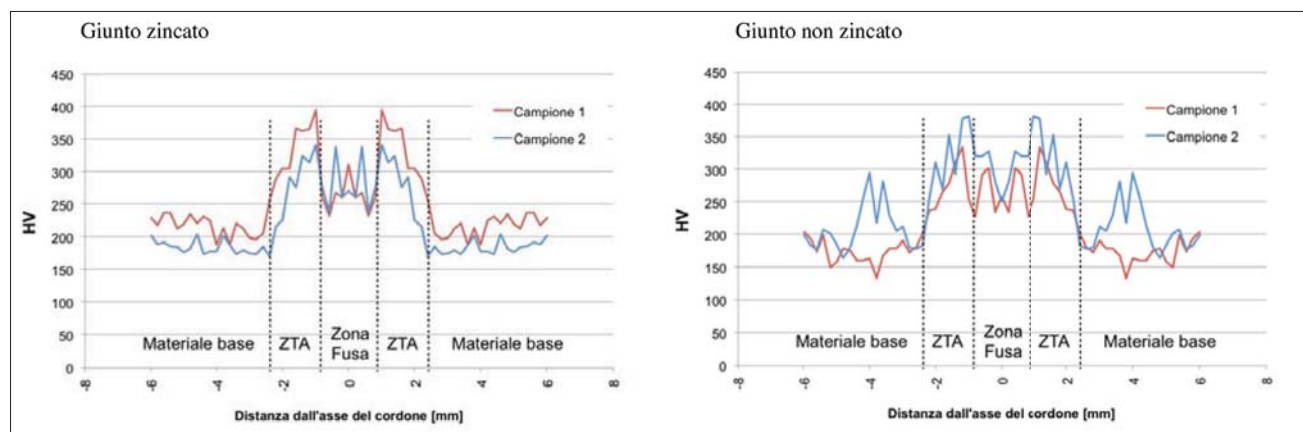



Figura 4 - Profili di microdurezza Vickers dei giunti saldati con zincatura e senza zincatura

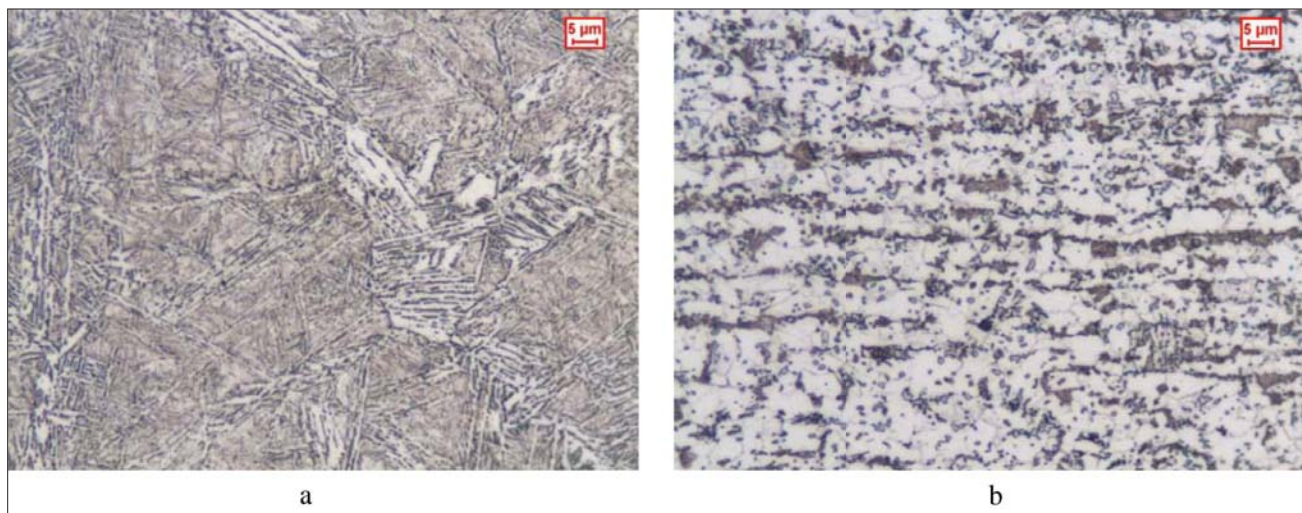



Figura 5 - Immagini al microscopio ottico dei giunti analizzati, attacco Nital 2% (a-cordone di saldatura, b- materiale base)

peratura non supera Ac_1) che per effetto del riscaldamento indotto dalla saldatura subisce rinvenimento della martensite preesistente. A tale rinvenimento è associato un calo della durezza e riduzione delle proprietà di resistenza statica e a fatica. Dall'analisi della letteratura si può facilmente riscontrare infatti che la rottura sia statica che dinamica si manifesta in prossimità di tale zona, la quale costituisce quindi il punto debole del giunto saldato. Nel caso in esame, tuttavia, non è stato evidenziato tale indebolimento e ciò è stato attribuito essenzialmente a due motivi:

- l'entità dell'effetto di addolcimento dovuto al rinvenimento della martensite è direttamente proporzionale alla quantità di quest'ultima nel metallo base [3];
- i cicli termici imposti dalle saldature ad elevata densità di potenza, come è il caso della saldatura a fascio elettronico esaminata in questo lavoro, sono così rapidi da non consentire la sufficiente permanenza del materiale nel range di temperature che determinano il rinvenimento della martensite.

Nella Figura 7 è riportata la percentuale volumetrica del miscuglio meccanico martensite-bainite (indicato per semplicità come "costituente secondario") in funzione della distanza dall'asse del cordone. Analizzando la Figura 7 si nota come il giunto zincato e il giunto non zincato non presentino marcate differenze nella quantità di bainite-martensite (includendo nel conteggio la sola martensite nel materiale base e l'insieme martensite-bainite nella zona termicamente alterata). Per completare l'analisi microstrutturale, si è infine valutato l'effetto della saldatura sull'ingrossamento del grano ferritico in prossimità della zona fusa. Il diagramma di Figura 8, illustra la misura della dimensione media del grano in funzione della distanza dall'asse del cordone di saldatura, sia per il campione prelevato dalla lamiera con zincatura, sia per il campione prelevato dalla lamiera in cui la zincatura era stata precedentemente rimossa. La zona di riferimento per l'analisi è quella in cui il grano ferritico inizia ad essere tendenzialmente equiassico e quindi misurabile. La Figura 8 mostra come la dimensione media del grano ferritico dimi-

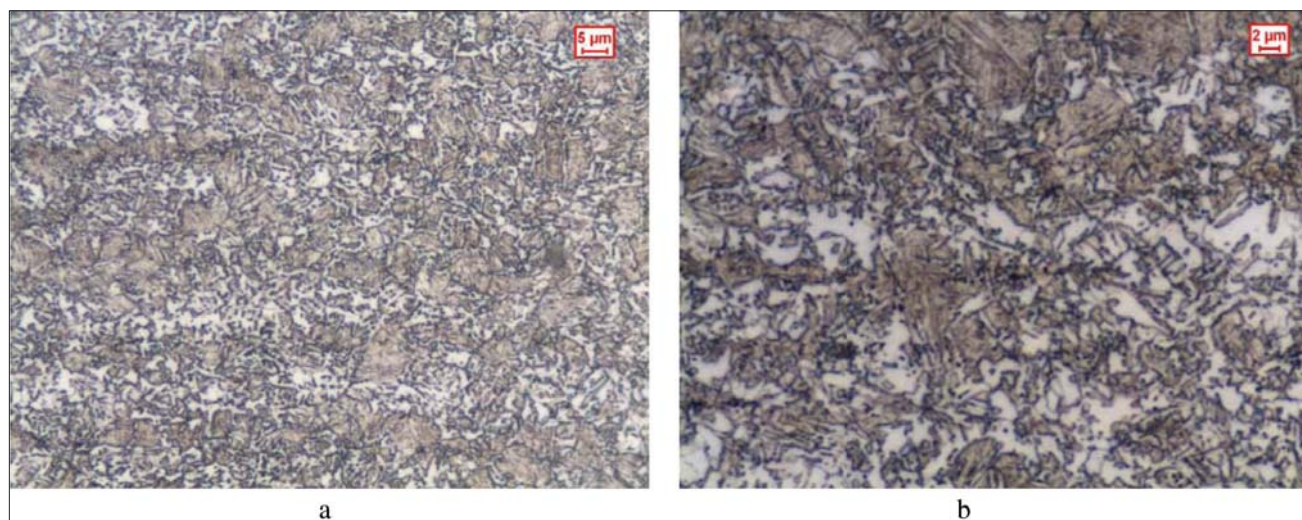



Figura 6 - Zona termicamente alterata dei campioni analizzati (attacco Nital 2%)

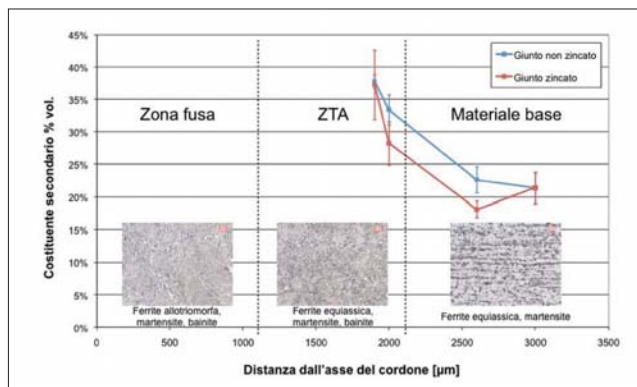



Figura 7 - Evoluzione microstrutturale in funzione della distanza dall'asse del cordone

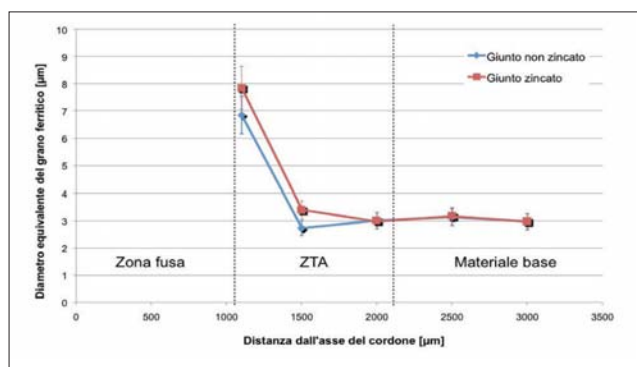



Figura 8 - Andamento del diametro equivalente medio del grano

nuisca con la distanza dalla ZTA come conseguenza dei differenti valori dei picchi di temperatura raggiunti in tale zona.

3.3 Prove di trazione

La Figura 9 mostra i risultati dei test di trazione effettuati sui giunti in esame; sono riportate le curve di trazione relative al materiale base e al giunto saldato. Andamenti analoghi sono stati osservati su tutti i campioni. Tuttavia, in alcuni giunti, si è manifestato il fenomeno del punto di snervamento, come evidenziato nella Figura 9. Tale comportamento è stato già riscontrato in letteratura per alcuni giunti in acciaio DP600 saldati laser ed è stato attribuito al blocco delle dislocazioni a spigolo per formazione di atmosfere di Cottrell indotte dal ciclo termico di saldatura. La riduzione delle dislocazioni mobili rispetto al metallo non alterato termicamente genera un aumento della tensione di snervamento. Raggiunta la tensione limite le dislocazioni vengono sbloccate e il carico unitario misurato si riduce.

È importante osservare che la rottura, indipendentemente da tale effetto, si è manifestata nel metallo base (Fig. 10) grazie all'assenza della "softening zone".

La tensione di snervamento dei campioni saldati è risultata mediamente superiore a quella del metallo base mentre la deformazione a rottura leggermente inferiore (Tab. 4).

TABELLA 4 – Proprietà meccaniche dei giunti e del metallo base

	Materiale Base	Giunto zincato	Giunto non zincato
σ_R [MPa]	645	652	645
$\sigma_{0.2\%}$ [MPa]	431	472	438
Allungamento %	20.4	19.5	17.9

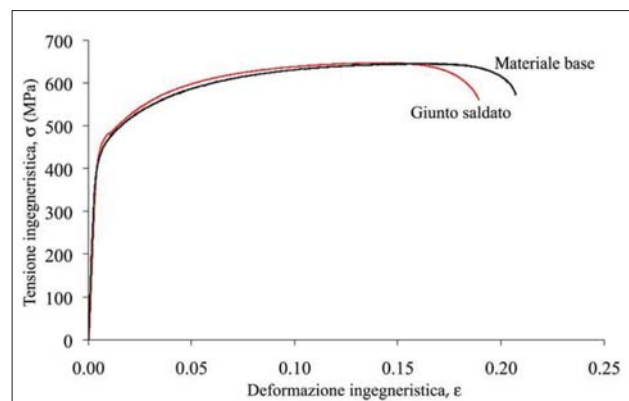



Figura 9 - Curva di trazione ingegneristica

Non zincato

Zincato

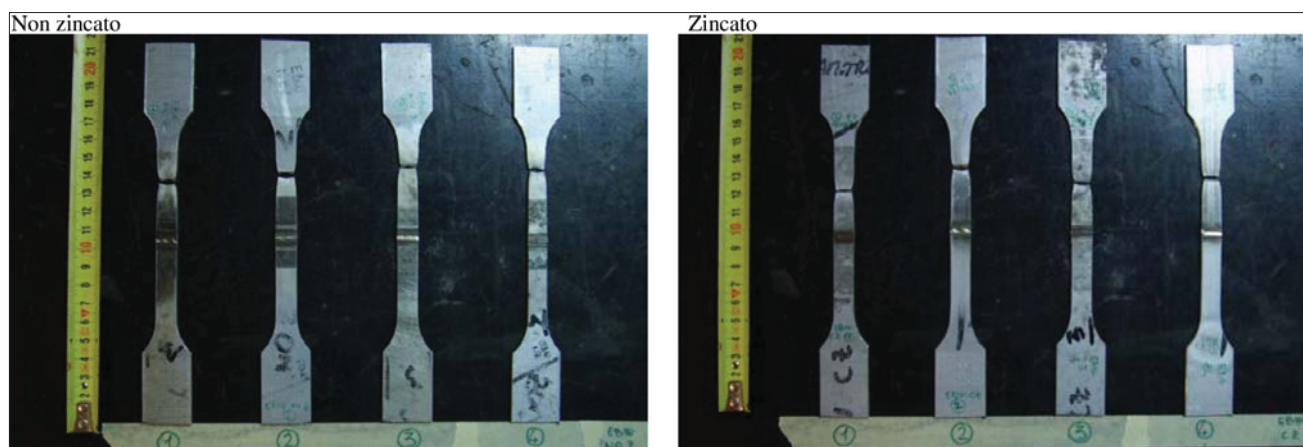



Figura 10 - Locazione della frattura dei campioni saldati a fascio elettronico

4. Conclusioni

In questo lavoro è stata analizzata la saldatura a fascio elettronico dell'acciaio altoresistenziale DP600 sia dal punto di vista metallurgico che meccanico. Nella zona fusa è stata riscontrata la presenza di bainite, ferrite allotriomorfa e isole di martensite. Date le elevate velocità di raffreddamento imposte dal processo di saldatura adottato, la presenza di ferrite allotriomorfa è stata attribuita a fenomeni di segregazione in fase di solidificazione del fuso. In ZTA, vicino alla zona fusa, si è riscontrata la massima percentuale di martensite dovuta prevalentemente all'elevata temperatura di picco e al conseguente ingrossamento del grano austenitico con spostamento delle curve di raffreddamento continuo (aumento dei tempi di incubazione). Per la stessa ragione, la percentuale di martensite diminuiva all'aumentare della distanza dal cordone di saldatura. Di conseguenza, i profili di microdurezza hanno mostrato i massimi valori all'interfaccia ZF/ZTA mentre non sono stati osservati valori minori di quelli relativi al metallo base. Ciò è stato attribuito all'elevata velocità di raffreddamento e alla bassa quantità di martensite iniziale che hanno probabilmente ridotto al minimo l'effetto 'softening'. Ciò è stato confermato anche dalle prove di trazione che hanno mostrato la rottura dei campioni saldati sul metallo base. Lo snervamento dei giunti è risultato leggermente superiore di quello del metallo d'origine e tale effetto è stato attribuito, per alcuni giunti, alla comparsa del punto di snervamento indotto dal blocco delle dislocazioni da parte degli atomi interstiziali. La deformazione a rottura si è leggermente ridotta dopo saldatura. In conclusione, la saldatura a fascio elettronico di acciai DP600, grazie al basso apporto termico che la caratterizza, ha prodotto giunti di qualità le cui proprietà di resistenza statiche sono risultate confrontabili con quelle del metallo base.

Bibliografia

[1] A. Tiziani, P. Ferro, R. Cervo, M. Durante, Effects of different welding technologies on metallurgical and mechanical properties of DP600 steel welded joints, La Metallurgia Italiana 1 (2011), 27-34.

[2] Chung-Yun Kank, Tae-Kyo Han, Bong-Keun Lee, Jeong-Kil Kim. Characteristics of Nd:YAG Laser Welded 600 MPa Grade TRIP and DP Steels. Material Science Forum, 539-543 (2007) 3967-3972.

[3] Mingsheng Xia, Elliot Biro, Zhiling Tian, Y. Norman Zhou, Effects of Heat Input and Martensite on HAZ Softening in Laser Welding of Dual Phase Steels, ISIJ International, Vol. 48 No. 6 (2008), 809–814.

[4] N. Farabi, D.L. Chen, J. Li, Y. Zhou, S.J. Dong, Microstructure and mechanical properties of laser welded DP600 steel joints, Materials Science and Engineering A 527 (2010) 1215–1222.

[5] J. Nowacki, P. Rybicki. The influence of welding heat input on submerged arc welded duplex steel joints imperfections. J. of Mater. Process. Technol. 164–165 (2005) 1082–1088.

[6] P. Ferro, A. Zambon, F. Bonollo, Investigation of electron-beam welding in wrought Inconel 706 - experimental and numerical analysis, Materials Science and Engineering A 392 (2005) 94–105.

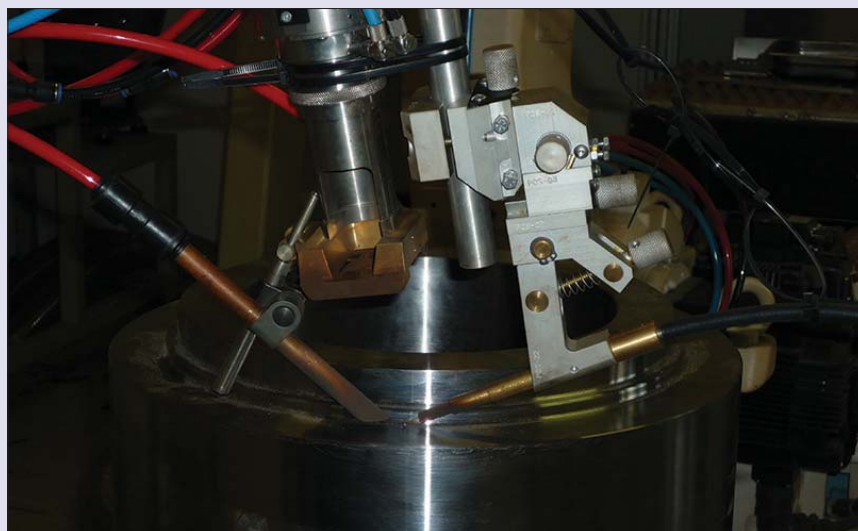
Paolo FERRO è Dottore di Ricerca e ricercatore universitario in Ingegneria Metallurgica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova (sede Vicenza) dove è titolare del corso 'Chimica e Materiali Metallici' e 'Metodi di Selezione e Scelta dei Materiali'. I principali argomenti di ricerca, presentati su oltre 70 lavori pubblicati su riviste internazionali, nazionali e atti di convegni nazionali e internazionali, sono: analisi sperimentale e modellazione di procedimenti di saldatura, analisi meccanica (statica e a fatica) di giunzioni saldate e incollate, trattamenti termici, fonderia. È stato responsabile scientifico del programma di ricerca 'Determinazione numerica e sperimentale delle tensioni residue in giunti saldati di diverse tipologie e loro influenza sulla resistenza a fatica' (Progetto Giovani Ricercatori, A.A. 2003-2004). È vincitore del premio per giovani ricercatori Aldo Daccò 2002 e revisore di articoli scientifici pubblicati su riviste internazionali. Ha partecipato a diversi convegni e corsi di formazione a livello nazionale e internazionale.

Alberto TIZIANI, è Professore ordinario di Materiali metallici presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova (sede Vicenza) dove è titolare dei corsi di "Materiali metallici e laboratorio" e "Innovazione nella realizzazione di prodotti metallici". È stato direttore del Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali dal 2000 al 2006. I principali argomenti di ricerca, presentati su oltre 200 lavori pubblicati su riviste internazionali e nazionali, sono: fonderia delle leghe ferrose e non ferrose; trattamenti termici tradizionali e sottovuoto di acciai altolegati e inox; trattamenti superficiali con tecniche non convenzionali; saldatura di leghe metalliche mediante tecniche convenzionali e ad alta energia; sinterizzazione, e saldatura di sinterizzati; biomateriali. È stato responsabile di svariati Progetti di Ricerca CNR e di Unità Operative nell'ambito di contratti MURST ex-40%. È stato ed è responsabile di numerose convenzioni di ricerca tra il Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali ed Aziende esterne.

Riccardo CERVO ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale nel 2010, presentando una tesi dal titolo "Studio sperimentale e numerico dei processi di saldatura e trattamento termico su acciai inossidabili duplex".
Le sue ricerche in ambito accademico, pubblicate su riviste internazionali e presentate a vari convegni scientifici, riguardano lo studio sperimentale e numerico di processi tecnologici quali saldatura e trattamento termico di acciai inossidabili duplex, superduplex e advanced high strength steels.
Dopo aver collaborato al progetto di ricerca "Creazione e sviluppo di un sistema industriale di controllo tramite software del processo metallurgico della ghisa per la produzione di fusioni di elevata qualità", attualmente è Project Engineer presso la Fonderia VDP, dove si occupa della gestione e dello sviluppo di progetti per la realizzazione di attrezzature fusorie, approfondendo tematiche di ricerca relative alla correlazione tra processo di produzione e difettologia di getti in ghisa sferoidale.

Ringraziamenti
Gli autori desiderano ringraziare il P.I. Giacomo Mazzacavallo, il Dott. Enrico Della Rovere (tecnici del laboratorio di metallurgia del DTG - Università degli Studi di Padova) e Daniele Caliari per il supporto nelle analisi sperimentali; il Sig. S. Carlotto (SSAB) per la fornitura del materiale e l'Ing. M. Durante (E. Zanon S.p.A.) per la produzione delle saldature.

Applicazione del laser allo stato solido con fibre ottiche per riporto in Inconel 625 su acciaio al carbonio per valvole (°)

A. Lauro *
P. Baccarini *

Sommario / *Summary*

Nell'ambito del Progetto ALASCA (Advanced Laser Application System for high performance Cladding), l'Istituto Italiano della Saldatura, attraverso il proprio laboratorio di saldatura, ha svolto attività di studio, esecuzione campioni, prove ed analisi dei risultati, finalizzati all'applicazione del sistema di riporto mediante tecnologia laser allo stato solido con fibre ottiche. Questo processo sta avendo una grossa diffusione; tuttavia, in alcuni settori come la caldareria e, nello specifico, nel campo della realizzazione di riporti resistenti alla corrosione all'interno dei corpi valvola ed all'abrasione nelle "sedi di tenuta" delle valvole stesse, ha finora avuto applicazioni marginali o non approdate alla fase industriale. Le prove eseguite con laser di potenza pari a 1 kW, fibra da 200 µm ed adduzione di filo in lega di nichel tipo Inconel 625 di diametro pari a 1,0 mm hanno dato risultati confortanti. L'utilizzo di una sorgente maggiormente performante e di potenza superiore (almeno 2 kW) permetterebbe di utilizzare come materiale d'apporto fili di diametro maggiore, pari a 1,2 mm, ottenendo un deposito di spessore più elevato, con una riduzione sensibile dei tempi operativi. Anche l'impiego di fibre aventi un diametro pari a 400 µm porterebbe all'ottenimento di un migliore rapporto di diluizione con conseguente riduzione del contenuto di ferro nel riporto.

Within the ALASCA (Advanced Laser Application System for high performance Cladding) research project, the Laboratory welding department of Italian Welding Institute carried out a study of feasibility, through weld samples and tests performance, in order to evaluate the applicability of solid state fibre laser for cladding system. This process has a great diffusion but, up to now, in same sectors, such as pressure vessels and particularly in the field of welds overlay for corrosion resistance inside to valve bodies and wear resistance on valves sealing seats, had marginal and not yet well-established industrial applications.
The performed tests with 1 kW laser power, 200 µm fibre and 1 mm wire filler metal in nickel alloy Inconel 625 type, gave quite good results. An higher power source (at least 2 kW) should allow to use a larger wire diameter, like 1,2 mm, obtaining a thicker weld deposit and a sensible reduction of production time. Furthermore fibres with a higher diameter, like 400 µm, should allow lower base metal dilution with consistent reduction of iron content in the weld overlay.

IIW Thesaurus Keywords:
Bend tests; carbon steels; dye penetrant testing; fibre lasers; Inconel; laser surfacing; mechanical properties; nickel alloys; nondestructive testing; test pieces; ultrasonic testing; utilisation; valves; visual inspection

(°) *Memoria presentata al Convegno "La saldatura da processo avanzato a tecnologia diffusa: una scommessa vinta?", Bologna 21 Giugno 2012.*

* *Istituto Italiano della Saldatura - Genova*

1. Introduzione

Nell'ambito del Progetto ALASCA (Advanced Laser Application System for high performance Cladding), l'Istituto Italiano della Saldatura, attraverso il proprio laboratorio di saldatura, ha svolto attività di studio, esecuzione campioni, prove ed analisi dei risultati finalizzati all'applicazione del sistema di riporto mediante tecnologia laser allo stato solido con fibre ottiche. Questo processo sta avendo una grossa diffusione; tuttavia, in alcuni settori come la caldareria e, nello specifico, nel campo della realizzazione di riporti resistenti alla corrosione all'interno dei corpi valvola e all'abrasione nelle "sedi di tenuta" delle valvole stesse, ha finora avuto applicazioni marginali o non approdate alla fase industriale. In passato si è già tentato di utilizzare sorgenti laser per eseguire riporti, ma i costi, gli ingombri, i consumi la scarsa maneggevolezza delle sorgenti laser hanno generato notevoli difficoltà. Da alcuni anni, con l'introduzione sul mercato delle sorgenti laser allo stato solido, con trasporto del fascio in fibra ottica, lo scenario risulta in costante evoluzione, ma nel cladding le applicazioni risultano limitate.
Lo studio è stato finalizzato allo scopo di affrontare l'innovazione di processo, principalmente nel campo delle nuove sorgenti laser con trasporto del fascio in fibra, per evidenziare potenzialità non ancora espressamente esplorate nell'applicazione di cladding.

Figura 1 - Sorgente laser IPG YLS-1000 CL ed YLR-5000

Figura 2 - Traino modulare per avanzamento filo

2. Descrizione dei particolari inerenti le prove sperimentali

Per l'esecuzione delle prove sperimentali sono stati utilizzati i seguenti materiali.

- Materiale base per i riporti su particolari ritenuti "semplici": lamiere in acciaio al carbonio tipo ASTM A 516 Gr. 70 di dimensioni 150 x 200 x 15 mm, fornite dalla Società Fitec.
- Materiali d'apporto forniti dalla Società Brambilla come di seguito indicato: filo pieno tipo Inconel 625 secondo norma AWS A 5.14-ER NiCrMo3, avente i seguenti diametri: 0,8 mm, 1,0 mm e 1,2 mm.

3. Descrizione delle attezzature utilizzate per l'esecuzione dei saggi

Per l'esecuzione dei saggi di riporto sono state utilizzate le attrezzature di seguito elencate (alcune di esse sono illustrate nelle Figure 1÷4).

Figura 3 - Slitta guidafilo a quattro assi

- Sorgente laser IPG modello YLS – 1000 CL con potenza max. 1000 W.
- Sorgente laser IPG modello YLR – 5000 CL con potenza max. 5000 W.
- Fibra ottica IPG per il trasporto del fascio di diametro interno 0,4 mm.
- Fibra ottica IPG per il trasporto del fascio di diametro interno 0,2 mm.
- Ottica di saldatura OPTOSKAND con rapporto di collimazione/focalizzazione 120/250.
- Robot di saldatura Motoman.
- Traino modulare per avanzamento filo modello Viper Società Carpano Equipment.
- Slitta guidafilo a quattro assi.

4. Verifiche iniziali della stazione di riporto

Prima dell'esecuzione delle prove, sono state eseguite verifiche preliminari della stazione di riporto con particolare riguardo al posizionamento del punto focale del sistema, del sistema di avanzamento del materiale di riporto e dell'ugello del gas di protezione. Per detta attività si è proceduto mediante l'esecuzione di prove di riporto lineari, illustrate nella Figura 5, variando la posizione in altezza del fuoco del raggio laser rispetto alla superficie del campione, al fine di verificare, mediante esami visivi del cordone di riporto e sezioni metallografiche, le posizioni ottimali prima di intraprendere le attività di sperimentazione vere e proprie.

Figura 4 - Robot di saldatura Motoman

Figura 5 - Tallone di saldatura

5. Descrizione della campagna di prove sperimentali

Utilizzando fili di diametro pari a 0,8, 1,0 e 1,2 mm ed uno spot laser di 1÷1,2 mm sono state effettuate passate singole e multiple per determinare l'influenza dei parametri di saldatura sulla forma e sulla qualità del riporto.

I parametri di saldatura e le modalità operative utilizzati nella campagna di prove sperimentali, preliminari, per i riporti di saldatura eseguiti su talloni piani, sono riportati nella Tabella 1.

Dalle prove preliminari di funzionamento sono state ricavate anche le impostazioni, di seguito riportate, relative agli angoli di inclinazione del fascio laser, del filo d'apporto e dell'ugello del gas di protezione, come mostrato nella Figura 6:

- angolazione fascio laser 80° ± 2° rispetto al piano provino;
- angolo filo di apporto 22,5° ± 2,5° rispetto al piano provino;
- angolo ugello gas protezione 45° ± 2° rispetto al piano provino.

6. Descrizione degli esami e delle prove di laboratorio

I risultati delle indagini condotte sui campioni, oggetto dell'attività sperimentale, sono riassunti nel seguito.

Controllo visivo

Su tutti i campioni di riporto realizzati è stato condotto l'esame visivo. I campioni ritenuti significativi sono riportati nella Tabella 2.

Nella Figura 7 viene riportata, come esempio, l'immagine di un riporto eseguito durante le prove.

TABELLA 1 – Parametri prove di saldatura utilizzati durante la campagna di prove

N° weld position	Sorgente	Potenza [W]	Gas di protezione	Portata gas protezione [l/min]	Posizione fuoco	Velocità avanzamento robot [mm/min]	Velocità avanzamento filo [mm/min]	Diametro filo [mm]	Diametro fibra [μm]
0 ÷ 18 1G ÷ 2G	IPG YLS 1000	1000	Ar 99,99%	12	+5 ÷ +15	250 ÷ 500	250 ÷ 900	0,8 ÷ 1,0	400
19/1 ÷ 20/3 1G	IGP YLS 5000	1750 ÷ 2500	Ar 99,99%	12	+10 ÷ +15	600	840	1,2	200

TABELLA 2 – Esiti dell'esame visivo

Campione	Esito dell'esame
12	L'esame ha messo in evidenza la presenza di due strati con deposito regolare
15	L'esame ha messo in evidenza la presenza di due strati con deposito regolare, ma di altezza superiore al numero 12
16	L'esame ha messo in evidenza la presenza di due strati con deposito regolare, ma di altezza superiore al numero 15
17	L'esame ha messo in evidenza la presenza di due strati con deposito regolare simile al precedente. In questo caso il riporto è stato eseguito in posizione frontale
19/3	L'esame ha messo in evidenza la presenza di tre strati di riporto con deposito regolare
20/3	L'esame ha messo in evidenza la presenza di tre strati con deposito regolare di altezza inferiore al campione 19/3

Controllo non distruttivo con liquidi penetranti
I campioni ritenuti più significativi al controllo visivo sono stati sottoposti al controllo non distruttivo con liquidi penetranti, con la tecnica a contrasto di colore, presso il Laboratorio di Genova dell'Istituto Italiano della Saldatura; i risultati dell'esame sono riassunti nella Tabella 3.

Controllo con ultrasuoni
I campioni sottoposti al controllo con liquidi penetranti sono stati successivamente verificati, presso il Laboratorio di Genova dell'Istituto Italiano della Saldatura, anche mediante controllo non distruttivo con ultrasuoni, al fine di verificare la presenza di eventuali imperfezioni all'interfaccia tra la lamiera costituente il campione e lo strato di deposito.
L'esame è risultato particolarmente critico visto lo spessore esiguo dei riporti realizzati. Per il controllo è stata utilizzata la tecnica a riflessione di impulsi, con trasduttore ad onde longitudinali a doppio cristallo, avente diametro 10 mm, focalizzato con frequenza 4 MHz.
Come sensibilità d'esame è stato utilizzato un foro a fondo piatto da 2 mm di diametro.
Il controllo dei campioni esaminati non ha messo in evidenza distacchi tra la lamiera costituente il campione ed i rispettivi strati di deposito.

Figura 6 - Particolare della testa della stazione di riporto

Figura 7 - Campione numero 15

TABELLA 4 – Esiti dell'esame macrografico

Campione	Esito dell'esame
15	L'esame ha messo in evidenza due strati di riporto in cui non sono state rilevate difettosità gravi, ad esclusione di piccole inclusioni tondeggianti
16	L'esame ha messo in evidenza due strati di riporto in cui non sono state rilevate difettosità gravi, ad esclusione di piccole inclusioni tondeggianti
17	L'esame ha messo in evidenza due strati di riporto in cui non sono state rilevate difettosità gravi, ad esclusione di piccole inclusioni tondeggianti
19/3	L'esame ha messo in evidenza tre strati di riporto in cui non sono state rilevate difettosità gravi, ad esclusione di piccole inclusioni tondeggianti

TABELLA 3 – Esiti dell'esame con liquidi penetranti

Campione	Esito dell'esame
12	Non si sono evidenziate indicazioni degne di nota
15	Non si sono evidenziate indicazioni degne di nota
17	Non si sono evidenziate indicazioni degne di nota
20/3	Non si sono evidenziate indicazioni degne di nota

Esame macrografico

Alcuni strati di riporto sono stati inoltre sottoposti all'esame macrografico, con i risultati descritti dalla Tabella 4.
Nelle Figure 8, 9 e 10 sono illustrate alcune delle sezioni macrografiche maggiormante significative.

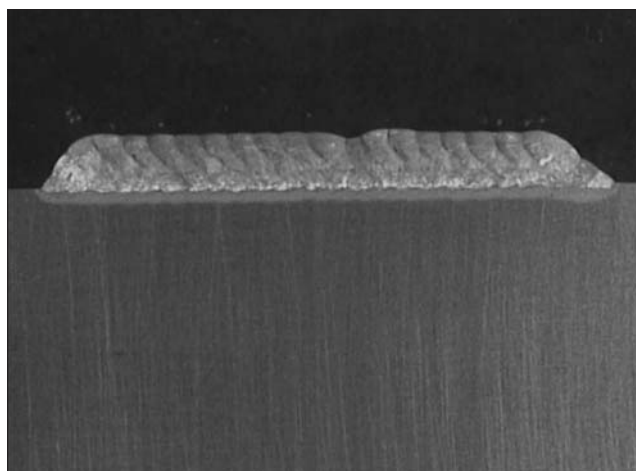



Figura 8 - Macrografia 5x del riporto eseguito sul campione 15

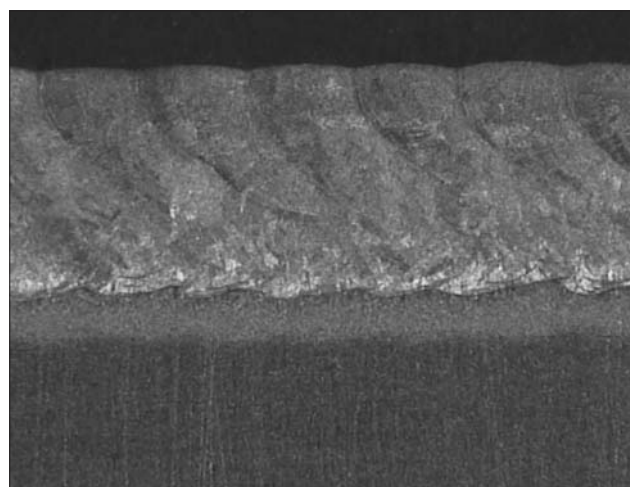



Figura 9 - Macrografia 20x del riporto eseguito sul campione 15

Prove di piegamento

I test hanno previsto l'esecuzione di una prova di piegamento longitudinale, la quale è stata condotta su un saggio preliminare. Successivamente, sono state eseguite prove di piegamento laterale, ritenute più critiche, con esito soddisfacente

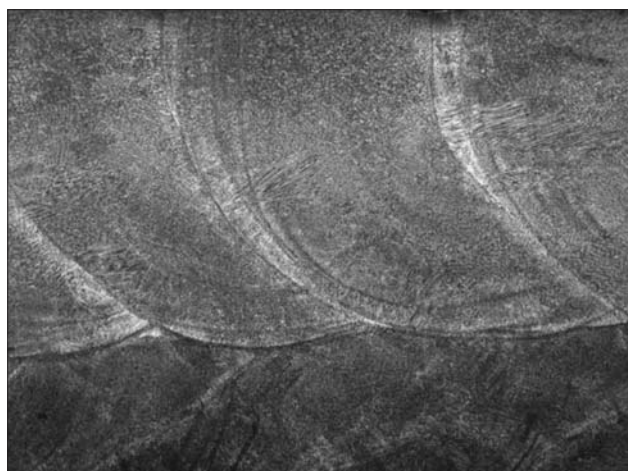



Figura 10 Macrografia 50x del riporto eseguito sul campione 15

Figura 11 - Prova di piegamento longitudinale eseguita su un saggio preliminare

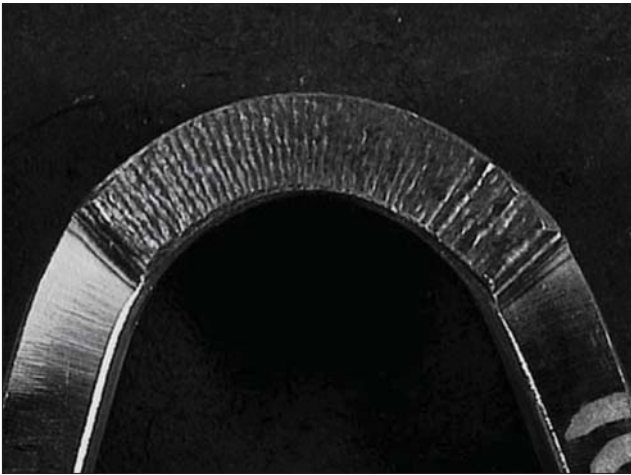



Figura 12 - Risultato della prova di piegamento eseguita sul campione numero 15

sui campioni di riporto identificati rispettivamente con i numeri 15, 16 e 17.
Per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato un mandrino avente diametro pari a quattro volte lo spessore del campione. Nelle immagini (Figg. 11-14) sono illustrati i risultati ottenuti dai test.
Tutti i campioni sottoposti alle prove di piega non hanno evidenziato imperfezioni degne di nota.

Analisi chimica del riporto
Sono state eseguite analisi chimiche superficiali, previa lisciatura del campione, di alcuni riporti come di seguito evidenziato ed illustrato nella Figura 15. Nella Tabella 5 sono riportati i risultati dell'analisi chimica dei campioni ritenuti più significativi.

7. Conclusioni

Dai risultati forniti dalle prove di laboratorio eseguite si posso trarre le seguenti considerazioni:

- la sorgente laser IPG YLS 1000 utilizzata per la realizzazione dei campioni identificati dal numero 0 al 18 permette di utilizzare fili di diametri veramente modesti, pari a 1,0 mm e 0,8 mm, riuscendo a depositare quindi riporti quantificabili con valori massimi pari a circa 0,186 kg/h;

Figura 13 - Risultato della prova di piegamento eseguita sul campione numero 16

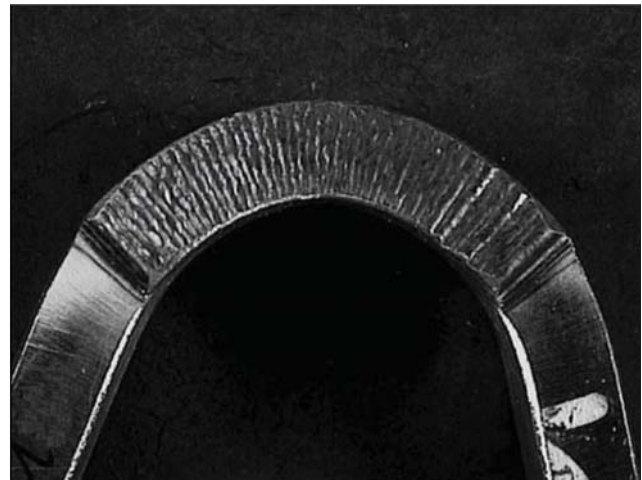



Figura 14 - Risultato della prova di piegamento eseguita sul campione numero 17

TABELLA 5 – Risultati dell'analisi chimica dei campioni più significativi (valori espressi in g/g)

Campione	Ti%	Cr%	Fe%	Ni%	Nb%	Mo%
15	0,20	20,28	8,73	59,11	4,17	8,30
16	0,24	19,86	4,34	62,22	3,50	9,49
17	0,22	19,33	7,79	59,69	3,52	9,10
18	0,15	11,21	44,56	35,83	1,96	5,12

- l'analisi superficiale del deposito risulta accettabile in alcuni casi, in funzione dei parametri utilizzati per la deposizione, per quanto concerne la percentuale di diluizione dell'elemento Fe, con valori inferiori al 5%;
- l'utilizzo di una sorgente maggiormente performante e di potenza superiore ha permesso di utilizzare come materiale d'apporto un filo di diametro maggiore, pari a 1,2 mm, che ha consentito di depositare strati più elevati in tempi minori.

Si presume che l'utilizzo della fibra da 200 μm, in quanto non disponibile una fibra da 400 μm, ritenuta più idonea per detta applicazione, abbia di conseguenza modificato lo "spot" del laser in modo troppo evidente e tale da determinare diluizioni non accettabili, con particolare riferimento all'elemento Fe.

Per quanto concerne il sistema di adduzione del filo, la sperimentazione ha permesso di evidenziare la grande importanza di un sistema di avanzamento costante del materiale d'apporto e di un posizionamento con inclinazione massima d'uscita del filo, rispetto al piano di lavoro, di 15°.

Si ritiene comunque interessante e percorribile una successiva fase di sperimentazione al fine di poter sperimentare detta tecnologia con attrezzature che riteniamo consone allo scopo, quali sorgenti di potenza di almeno 2 kW correlate di testa e fibra di diverse dimensioni.

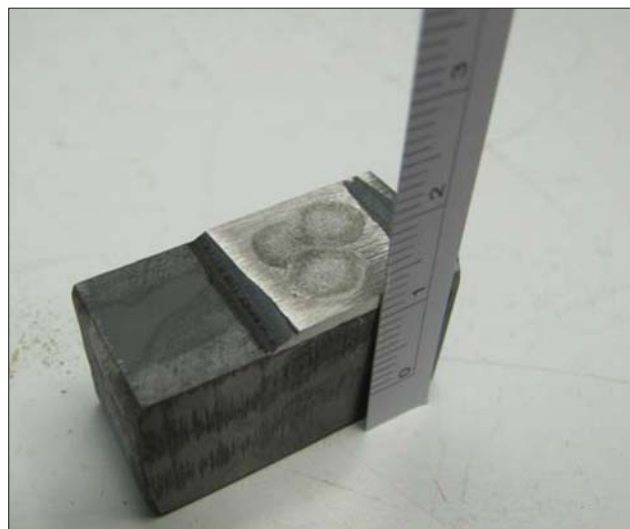
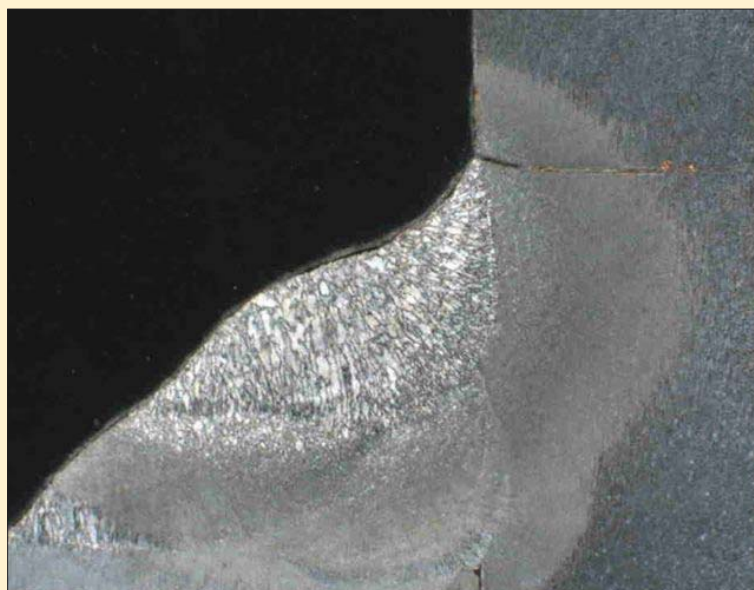



Figura 15 – Provino per la conduzione dell'analisi chimica del riporto

Alberto LAURO, laureato in Ingegneria Meccanica a Genova nel 1982. Dal 1983 a tutt'oggi dipendente dell'Istituto Italiano della Saldatura. Nel corso della carriera ha ricoperto gli incarichi di Dirigente Responsabile del Settore Caldareria e della Divisione Ingegneria - Ricerca - Laboratorio, svolgendo attività di assistenza e consulenza nel campo della metallurgia e delle costruzioni saldate di componenti a pressione per impianti chimici e raffinerie. Ha ricoperto la funzione di Vice Segretario Generale e Responsabile Commerciale dell'Istituto. Attualmente ricopre la funzione di Direttore Generale della Sezione Operativa dell'Istituto Italiano della Saldatura e di Responsabile del Laboratorio prove e saldatura.

Paolo BACCARINI, diplomato Geometra nel Luglio 1973. Diplomato al corso di specializzazione in saldatura per Ingegneri e Periti Industriali nel Luglio 1978. Dal 1976 a tutt'oggi dipendente dell'Istituto Italiano della Saldatura. Nel corso della carriera ha ricoperto gli incarichi di Ispettore in saldatura e in controlli non distruttivi. Ha inoltre svolto le mansioni di Responsabile dei processi di saldatura e "Quality Control" durante la costruzione di numerosi impianti e strutture sia in Italia che all'estero. Attualmente ricopre la funzione di Responsabile della Settore Saldatura del Laboratorio dell'Istituto Italiano della Saldatura per le aree dei processi tradizionali e speciali.

Valutazione della tenacità di giunti saldati con prove di meccanica della frattura (J, CTOD): criteri di estrapolazione dei risultati ottenuti su provini di medio spessore a giunti di spessore elevato (°)

G. L. Cosso *
M. Lanza *
C. Servetto *
E. Maiorana **

Sommario / *Summary*

In questo articolo viene descritto un criterio di estrapolazione dei risultati di prove di meccanica della frattura (CTOD) condotte su spessori medi, a giunzioni di spessore elevato. Tale criterio è stato elaborato a fronte di una campagna di prove CTOD condotte da IIS in precedenza su diversi spessori e sfruttando le correlazioni esistenti tra il CTOD e l'integrale J. L'esigenza del presente lavoro è sorta per la necessità di valutare la tenacità, in termini di CTOD, della soluzione costruttiva adottata nel progetto del viadotto Stura di Demonte, parte dell'autostrada Asti-Cuneo, che prevede la giunzione di piattabande con raddoppi per uno spessore complessivo saldato di 140 mm.
La valutazione sperimentale del CTOD e il metodo di estrapolazione utilizzato ha permesso di testare provini di 70 mm, più facilmente reperibili e lavorabili, in luogo dello spessore realmente saldato.

This article deals with a criterion to extrapolate the fracture mechanic test results (CTOD) obtained with medium thickness welded specimens towards thicker joints.
The criterion was developed by Italian Institute of Welding (IIS) starting from the available literature correlations between CTOD and J integral and taking into account the results of previous extensive fracture mechanics tests performed by IIS on several thicknesses.
The criterion was developed within the Stura di Demonte bridge project (Asti - Cuneo highway) in order to evaluate the toughness of very thick (140 mm) welds joining the doubling plates of the bridge beams. In particular the extrapolation method allowed to assess the actual joints fracture toughness on the basis of CTOD tests performed on 70 mm thick specimens.

IIW Thesaurus Keywords:
Analytical data; bridges; COD; computation; data; evaluation; FCA welding; frac mech tests; fracture mechanics; fracture toughness; J integral; structural members; submerged arc welding; test pieces; thick; thickness.

(°) *Memoria presentata alle Giornate Nazionali di Saldatura 6 Workshop: "Affidabilità delle strutture e degli impianti", Genova 26-27 Maggio 2011.*

* *IIS Service dell'Istituto Italiano della Saldatura - Genova*
** *OMBA Impianti & Engineering S.p.A.*

Premessa

La necessità di definire un criterio di estrapolazione dei risultati di prove di meccanica della frattura a spessore diverso e superiore a quello di prova può verificarsi o per limiti sperimentali legati alle caratteristiche delle attrezzature disponibili o per l'analisi di soluzioni costruttive particolari, quali quella oggetto del presente articolo. Nell'ambito della costruzione del viadotto Stura di Demonte, parte dell'autostrada Asti-Cuneo, è stata adottata una soluzione costruttiva che prevede la giunzione di piattabande con raddoppi per uno spessore complessivo di 140 mm. La difficoltà, nei tempi concessi dalle esigenze di produzione, di reperire lamiere di spessore 140 mm sulle quali eseguire direttamente le prove di meccanica della frattura ha indotto ad elaborare un programma di prove su provini di spessore 70 mm e a definire un criterio conservativo di estrapolazione dei risultati per la determinazione della tenacità della saldatura.

Descrizione della struttura

Il viadotto Stura di Demonte a Castelletto Stura (CN) è parte del collegamento autostradale Asti-Cuneo, tronco I A6 (Massimini-Cuneo), lotto 5 Cuneo SS231. Si tratta di un viadotto ad asse curvilineo con sezione a struttura mista acciaio-calcestruzzo e schema statico di trave continua su undici appoggi per una lunghezza complessiva di 1.100 m. Le campate centrali hanno luce pari a 100 m e le laterali 50 m. Nella Figura 1 è riportata la pianta e nella Figura 2 il prospetto. La sezione trasversale (Fig. 3) è costituita da due travi principali a doppio T saldate, di altezza 5 m, con larghezza e spessori di piattabande e anime variabili di concio in concio. Le travi principali dell'impalcato sono realizzate in officina in conci di lunghezza pari a circa 12,5 m e altezza 2,5 m. I conci superiore e inferiore sono collegati in cantiere con saldature a cordone d'angolo longitudinali (Fig. 4). In appoggio, la piattabanda inferiore è costituita da due lamiere sovrapposte, da 70 mm ciascuna, precedentemente unite in officina (Fig. 5). E' stato quindi necessario proce-

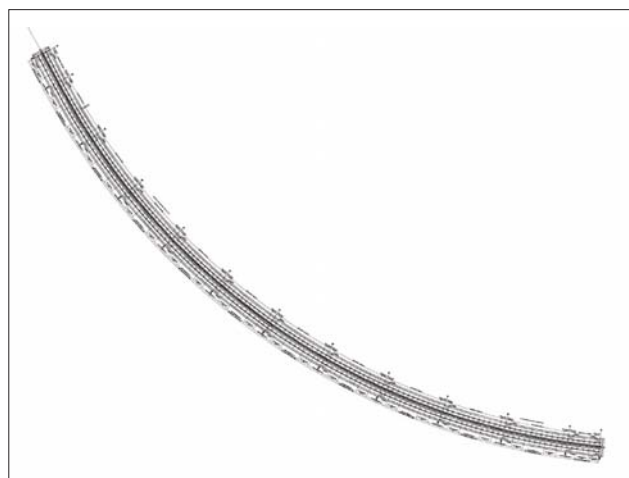



Figura 1 - Pianta del viadotto

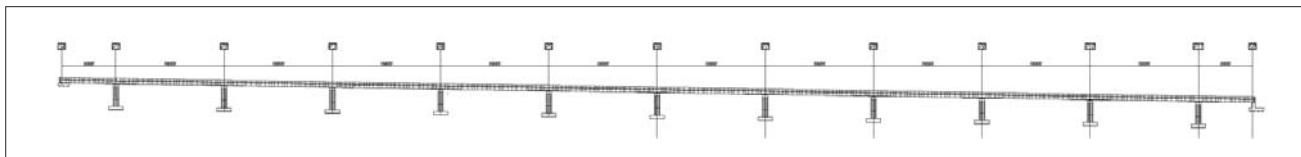



Figura 2 - Prospetto

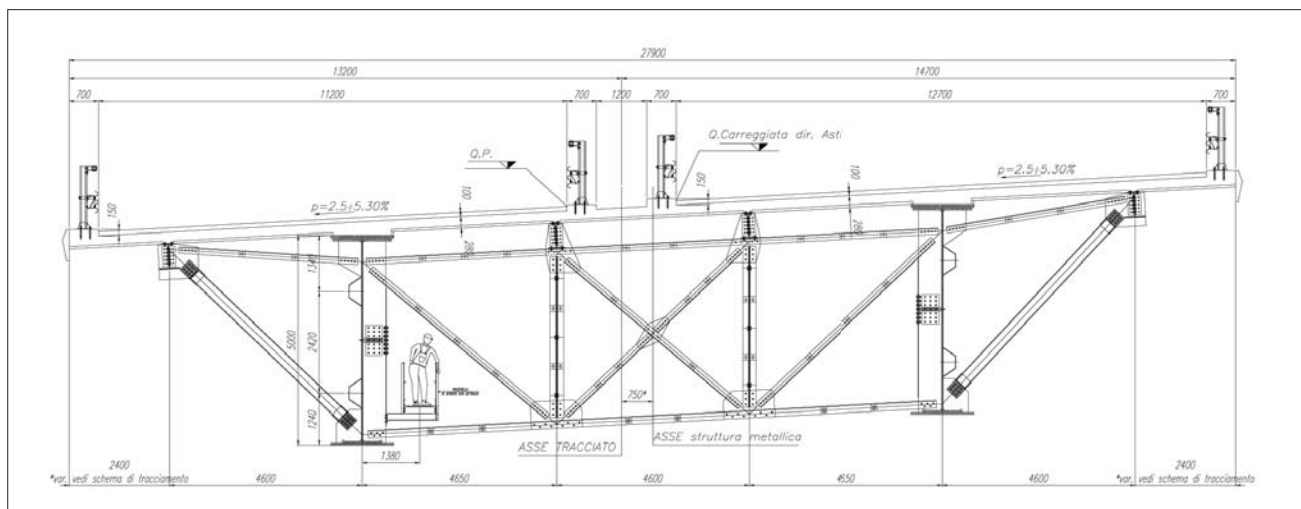



Figura 3 - Sezione trasversale intermedia

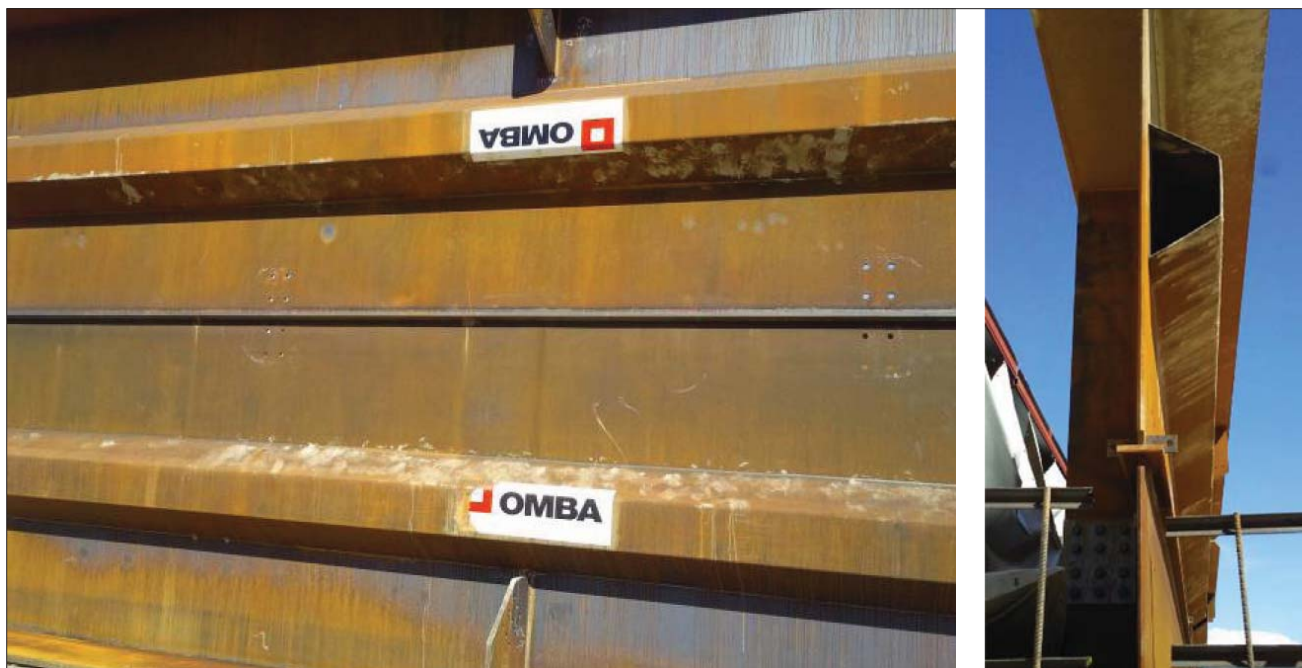



Figura 4 - Collegamento longitudinale delle travi principali tramite saldatura a cordone d'angolo: prospetto a) e sezione b).

dere alla qualifica della saldatura (WPQR) di un giunto di spessore complessivo pari a 140 mm (Fig. 6) per consentire il collegamento dei conci di trave in cantiere tramite giunzione saldata testa a testa a piena penetrazione delle piattabande, oltre che delle anime. Con riferimento al dettaglio di Figura 7, la saldatura in cantiere delle piattabande dei conci di pila è stata eseguita secondo la seguente sequenza:

- riempimento del cianfrino secondo WPS;
- rasatura della saldatura da entrambi i lati per 100 mm per parte a cavallo dell'anima e per l'intera lunghezza in presenza del raddoppio, per poter garantire un'adeguata controllabilità del giunto testa a testa;
- controllo con ultrasuoni;
- esecuzione della saldatura di testa del raddoppio (15x20) secondo WPS in PA e in PD.

Figura 5 - Concio di trave in officina

Figura 6 - Preparazione provino per la qualifica del giunto testa a testa a piena penetrazione delle piattabande

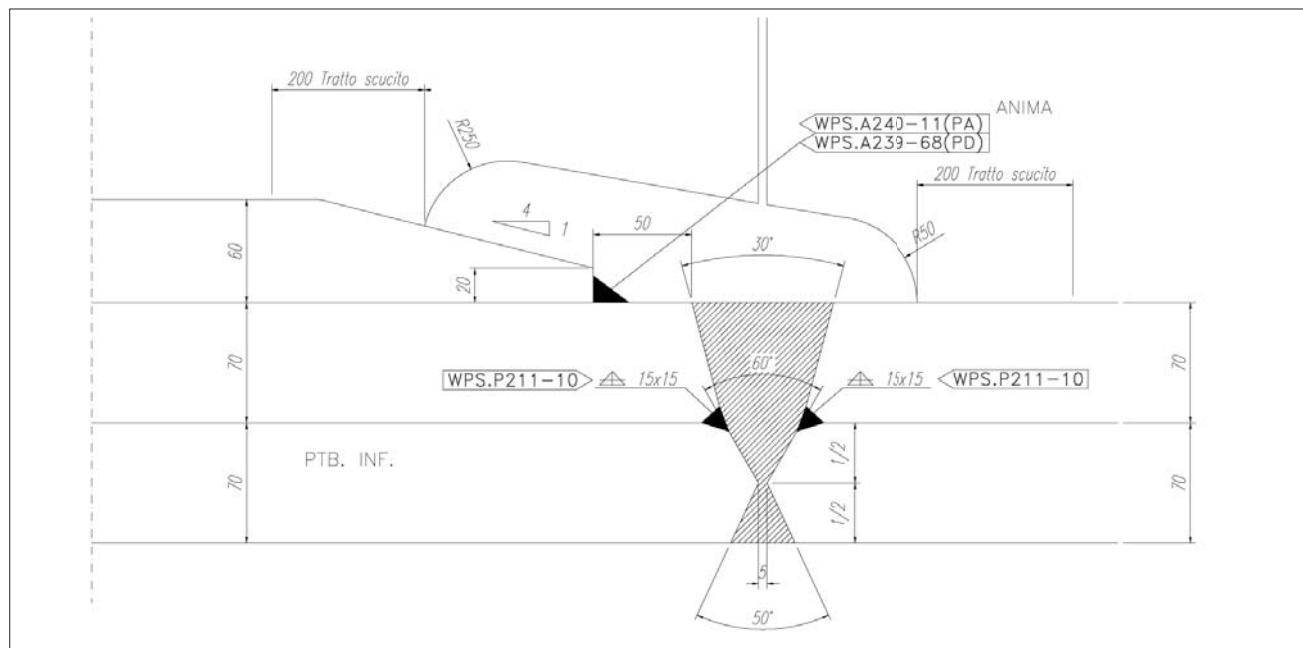



Figura 7 - Dettaglio tipico di saldatura delle piattabande in cantiere

Una volta uniti i conci di trave in cantiere si procede con il varo longitudinale per spinta del viadotto (Fig. 8), per un totale di 10 campate, di cui una campata da 50 m e 9 da 100 m e un peso complessivo di 8.400 t. Le rimanenti due campate sono state invece montate dal basso con l'utilizzo di pile provvisorie. Le esigenze di cantiere hanno richiesto la verifica di tenacità delle giunzioni trasversali tra le piattabande con due processi di saldatura distinti:

- processo A (SAW + FCAW): passate al cuore su supporto ceramico e riempimento al dritto con procedimento ad arco sommerso (posizione piana); saldatura di ripresa dopo solcatura e riempimento al rovescio con procedimento a filo continuo animato rutilico (posizione sopratesta);
- processo B (FCAW): passate al cuore su supporto ceramico e riempimento al dritto con procedimento con filo

Figura 8 - Varo longitudinale di punta in curva

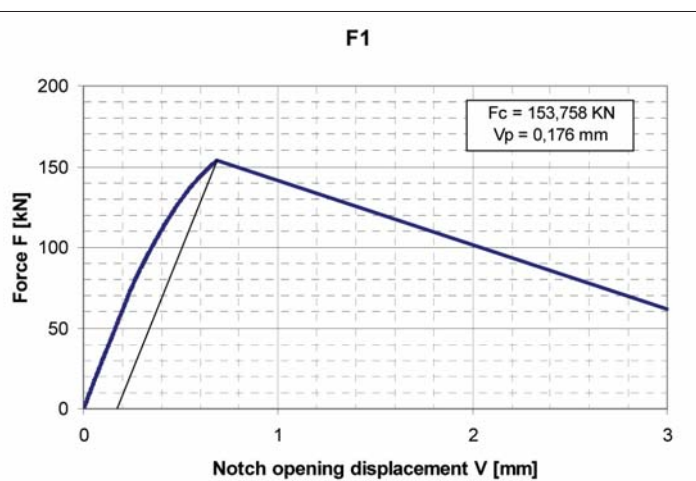
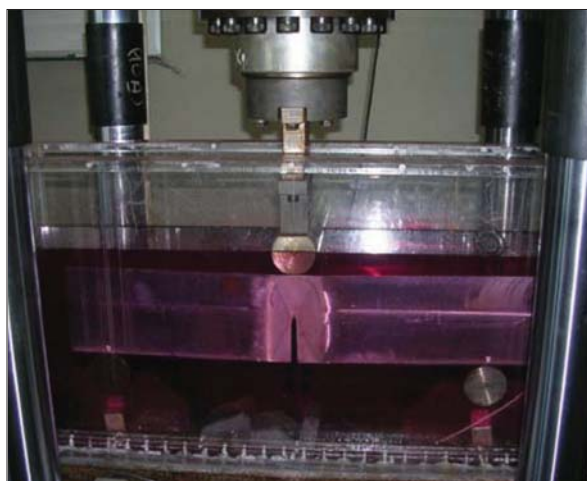



Figura 9 - Provino SENB durante la prova e diagramma carico (F) - spostamento (V) registrato

animato a flusso basico (posizione piana); saldatura di ripresa dopo solcatura e riempimento al rovescio con procedimento a filo continuo animato rutilico (posizione sopratesta).

Prove di meccanica della frattura

Le prove sono state condotte su provini tipo SENB (Single Edge Notched Bend) di spessore 70 mm, a sezione quadrata, con intaglio in zona fusa e in zona termicamente alterata, alla temperatura minima di progetto (-15 °C), in accordo alle indicazioni della norma BS 7448 Part 1 e Part 2.
Nella Figura 9 è riportata una fotografia di un provino durante la prova in temperatura e uno dei diagrammi registrati durante la prova.
La presenza nel saggio di differenti materiali depositati con resistenza meccanica, sia in termini di tensione di snervamento che di tensione di rottura, sensibilmente diversa, ha prodotto notevoli difficoltà tecnologiche nella preparazione dei provini per la propagazione irregolare della cricca di fatica necessaria per l'esecuzione della prova, nonché difficoltà nell'interpretazione dei risultati e nella loro estrapolazione.
Le modalità esecutive delle prove sono state scelte in modo da poter rilevare tutti i parametri di carico (F), spostamento orizzontale delle facce dell'intaglio del provino (V), spostamento verticale del pistone dell'attrezzatura di carico: mediante opportune correlazioni sperimentali è stato dedotto lo spostamento effettivo verticale del provino (q), dallo spostamento verticale del pistone.
Ciò ha consentito di valutare sia i classici parametri di prova ($CTOD_c$, $CTOD_u$ o $CTOD_m$ in funzione dell'andamento della curva carico-spostamento ed in presenza di plasticità a fondo intaglio non trascurabile), sia il parametro J_C, J_U o J_m che è rappresentativo dell'energia per unità di superficie necessaria a produrre l'avanzamento della cricca di fatica, durante la prova di meccanica della frattura.
Nella Tabella 1 sono illustrati i valori minimi (riscontrati sulle provette con intaglio in zona fusa) delle prove condotte sulle due tipologie di giunto (sono riportati i valori minimi per ciascuna terna effettuata).

TABELLA 1 - Risultati delle prove di meccanica della frattura

Giunto	Risultato prova	Provini con intaglio in ZF
A (SAW+FCAW)	$CTOD_C$	0.14 mm
	J_C	86 N/mm
B (FCAW)	$CTOD_C$	0.10 mm
	J_C	55 N/mm

Considerazioni teoriche ed elaborazione dei risultati

La teoria della meccanica della frattura in campo elasto-plastico prevede che il valore critico del parametro J rappresenti una caratteristica dello specifico materiale ad una certa temperatura, indipendente dallo spessore.
La letteratura tecnica fornisce inoltre una correlazione tra J_C, $CTOD_C$ (valori critici di propagazione della frattura) e la tensione di snervamento del materiale σ_Y, come di seguito indicato:

$$J_C = m \cdot \sigma_Y \cdot CTOD_C \qquad (1)$$

L'evidenza sperimentale e la teoria della meccanica della frattura convergono nella considerazione che $CTOD_C$ in campo plastico dipenda dallo spessore (oltre che dai parametri meccanici e dalla temperatura); ne consegue che se J_C è assunto costante e così pure σ_Y, e $CTOD_C$ varia, deve variare il parametro “m” della suddetta formula in funzione dello spessore di prova.

TABELLA 2 - Estrapolazione del valore di CTOD allo spessore 140 mm

Giunto	CTOD sp. 70 mm	J	CTOD estrap. sp. 140 mm
A (SAW + FCAW)	0.14 mm	86 N/mm	0.12 mm
B (FCAW)	0.10 mm	55 N/mm	0.08 mm

Procedura di stima del valore $CTOD_C$ caratteristico dello spessore 140 mm nell'ipotesi di comportamento elasto-plastico

Sulla base delle prove condotte nel recente passato da IIS su acciai pressoché equivalenti, ma di spessore differente, è stato possibile impostare il criterio di correlazione di seguito descritto.

- Sono state prese in considerazione due prove reali condotte su provini in acciaio a media resistenza di due differenti spessori s_1 e s_2.
- Utilizzando il diagramma carico (F) - spostamento (V) effettivamente registrato sul saggio di spessore s_1, si è fatta l'ipotesi che in corrispondenza di un certo numero di punti (F, V) arbitrariamente scelti, avvenisse una propagazione della cricca esistente e quindi si determinassero le condizioni per la valutazione di J_C. Per ogni valore di J_C è stato valutato il corrispondente valore di $CTOD_C$ e di conseguenza il valore di "m". In tale modo è stata definita una dipendenza sperimentale tra J e m per lo spessore s_1. L'ipotesi sopra descritta corrisponderebbe al caso di esecuzione di un certo numero di prove reali (con provini di materiali differenti, ma con lo stesso carico di snervamento e dello stesso spessore), che si fossero effettivamente concluse con la propagazione della frattura ad un certo valore di J_C.
- La valutazione è stata ripetuta per lo spessore s_2, definendo una dipendenza sperimentale tra J e m per lo spessore s_2.

Fatte salve le approssimazioni che si deducono da quanto sopra, è tuttavia possibile stimare la differenza di valore del parametro m tra due spessori a parità di J. Per poter applicare il criterio di estrapolazione dei risultati ottenuti sullo spessore 70 mm nei saggi di qualifica per lo Stura di Demonte allo spessore 140 mm, occorreva che i dati sperimentali disponibili da esperienze pregresse IIS fossero relativi a materiali simili e di spessore prossimo a quelli oggetto di indagine e di interesse; in effetti alcuni dei dati disponibili si attestano tra 80 mm e 140 mm di spessore con acciaio con carico di snervamento intorno a 450 N/mm^2 e quindi rispondenti ai requisiti di similitudine sopra richiesti. Nella Figura 10 sono riportate le curve di correlazione J - m ottenute per i due spessori 80 mm e 140 mm. Adottando come valore di J quello derivato dalle prove sui saggi OMBA è allora possibile dedurre la differenza di m nel campo di interesse dalla Figura 1 (per esempio tra 70 mm e 140 mm) ed ottenere una stima del valore CTOD sullo spessore di 140 mm estrapolando il risultato delle prove su 70 mm. Nella Tabella 2 sono riportati i risultati dell'estrapolazione per i due giunti oggetto di prova.

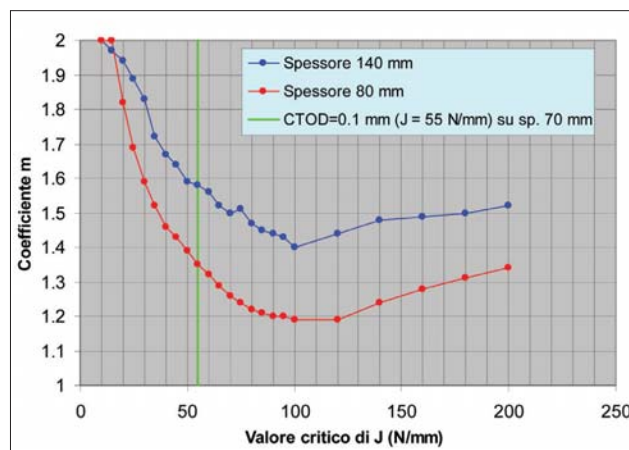



Figura 10 - Curve di correlazione J – m ottenute da prove sperimentali eseguite da IIS su spessori 80 e 140 mm e materiali con caratteristiche meccaniche simili al giunto in esame.

Procedura di stima del valore CTOD caratteristico dello spessore 140 mm nell'ipotesi di comportamento perfettamente elastico

Per l'estrapolazione dei risultati a spessore superiore a quello direttamente indagato è possibile applicare un altro approccio certamente conservativo. Esso consiste nel trascurare la deformazione plastica manifestata dal provino e calcolare il valore critico K_{IC} corrispondente al valore limite elastico del carico applicato.

Considerando appunto un comportamento puramente elastico del materiale, condizione sicuramente conservativa anche su giunti di spessore 140 mm, è possibile ricavare sperimentalmente i parametri che governano la rottura senza deformazione plastica, cioè la rottura fragile, definendo il valore caratteristico, per materiale e temperatura, al di sotto del quale la tenacità non può scendere: fattore critico di intensificazione delle tensioni K_{IC}.

Prendendo a riferimento il giunto tipo B, realizzato interamente con procedimento a filo animato, che ha fornito i valori di CTOD inferiori, si può valutare il valore di K_{IC} dai diagrammi di prova, trascurando la parte plastica della curva; nel caso in esame K_{IC} è risultato pari a 2800 N/mm$^{3/2}$. J_C è stato stimato con la correlazione teorica che sussiste in campo elastico tra K_{IC} e J_C:

$J_{IC} = K_{IC}^2 / E$ in stato piano di tensione, cioè sulle superfici

ovvero

$J_{IC} = (1-\nu^2)\, K_{IC}^2 / E$ in stato piano di deformazione, cioè al cuore del giunto.

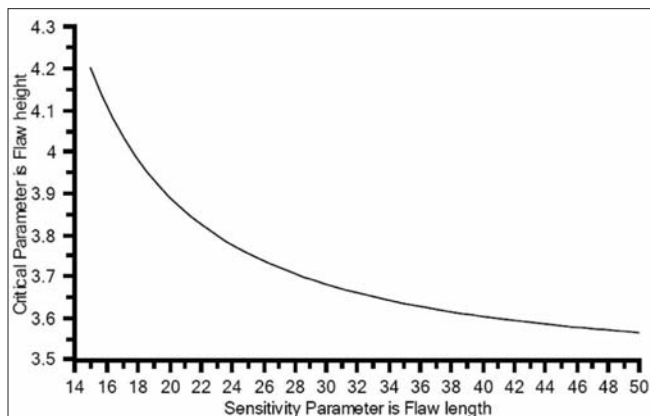



Figura 11 - Correlazione teorica tra altezza e lunghezza di difetti planari stabili interni in prossimità della superficie al rovescio

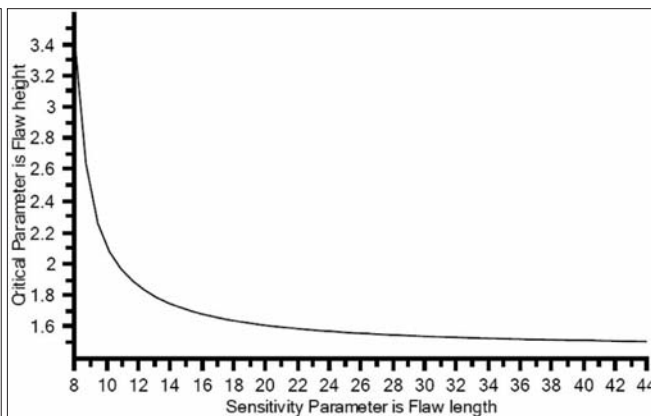



Figura 12 - Correlazione teorica tra altezza e lunghezza di difetti planari stabili superficiali in prossimità della superficie al rovescio

Nel caso in esame J_{IC} è risultato pari a 35 N/mm. Assumendo il valore del parametro m pari a 2 (in presenza del comportamento puramente elastico del materiale) se ne deduce un valore di CTOD pari a 0.035 mm.

Considerazioni metodologiche sulla stima della tenacità e dimensione dei difetti ammissibili

In considerazione dei risultati ottenuti dai due approcci sopra descritti, è opportuno formulare alcune osservazioni di carattere metodologico per trarre le conclusioni del lavoro sperimentale e teorico condotto. Il primo metodo ha una valenza teorica e conduce a risultati numericamente convincenti; tuttavia, la sua validazione per il caso di interesse avrebbe bisogno di una campagna di prove più ampia su materiali più vicini meccanicamente alla zona fusa e alla zona termicamente alterata dei giunti saldati oggetto di analisi.
D'altra parte, il secondo metodo, pur rigoroso, penalizza la riserva plastica del materiale che, anche se non particolarmente rilevante in zona fusa, fisicamente permane.
Alla luce delle considerazioni di cui sopra si ritiene di poter assumere un valore intermedio tra quelli valutati con i due metodi. Prendendo a riferimento il giunto tipo B, caratterizzato dai valori inferiori di tenacità, si può quindi assumere come valore di CTOD estrapolato al giunto di spessore 140 mm un valore pari a $CTOD_{140}$ = 0.06 mm.
Assumendo tale valore come dato di ingresso per una serie di calcoli condotti in accordo alle metodologie della meccanica della frattura (in particolare facendo riferimento alla procedura applicativa della norma BS 7910:2005) è stato possibile determinare le dimensioni limite di possibili difetti presenti nei giunti saldati. In particolare sono state considerate le seguenti ipotesi:

- posizione dell'ipotetico difetto nel giunto: interno in prossimità della superficie al diritto; interno in prossimità della superficie al rovescio; superficiale al diritto; superficiale al rovescio;
- caratteristiche meccaniche (tensione di snervamento, tenacità CTOD) della zona fusa del saggio tipo B;
- condizioni di carico per effetto delle azioni esterne, al limite della tensione ammissibile;
- presenza di tensioni residue di saldatura longitudinali di valore pari alla tensione di snervamento della zona fusa e tensione residua di saldatura trasversale di valore pari alla tensione di snervamento del materiale base.

I risultati dei calcoli sono rappresentati nei diagrammi delle Figure 11 e 12, sotto forma di curve che correlano le dimensioni altezza di difetto-lunghezza di difetto (superficiale o interno) ammissibili. Le curve riportate nelle Figure 11 e 12 corrispondono, in particolare, alle condizioni più critiche rilevate per i difetti superficiali e interni, corrispondenti ai difetti posizionati nella zona fusa lato rovescio.

Conclusioni

Il valore di CTOD estrapolato, a partire da prove di meccanica della frattura condotte su provini di spessore 70 mm, al giunto di produzione avente spessore 140 mm, è risultato, nel caso peggiore (zona fusa del giunto effettuato con procedimento a filo animato), pari a 0.06 mm. Il valore di CTOD stimato non risulta particolarmente elevato (normalmente vengono considerati come rappresentativi di una tenacità medio-buona, valori di CTOD superiori a 0.10 mm) tuttavia, attraverso opportuni calcoli di meccanica della frattura, è stata dimostrata l'affidabilità del giunto nei confronti della rottura fragile: difetti planari di piccole dimensioni, non necessariamente rilevabili con il controllo ultrasonoro previsto per le giunzioni in opera, sono risultati stabili nelle condizioni di carico più gravose. I difetti che eccedessero tali limiti di stabilità risultano comunque di dimensioni tali da garantire la loro rilevabilità con le procedure di controllo messe a punto per l'opera in oggetto. Infine, vista la sostanziale migliore tenacità dimostrata dalle prove sul saggio eseguito con procedimento misto arco sommerso-filo continuo (giunto tipo A) è stato raccomandato l'impiego di quest'ultima procedura per le saldature in opera.

Dati di progetto del Viadotto Stura di Demonte a Castelletto Stura (CN)

Ente appaltante: Autostrada Asti-Cuneo SpA
Realizzazione strutture metalliche: OMBA Impianti & Engineering SpA di Torri di Quartesolo (VI)
Anno: 2010
Peso: 11.000 t
Luce massima campata: 100 m
Lunghezza. 1100 m
Larghezza: 27,90 m

Ringraziamenti

Si ringrazia il Sig. Andrea Morbin IWS Responsabile delle saldature di OMBA Impianti & Engineering S.p.A. per la realizzazione del provino di laboratorio.

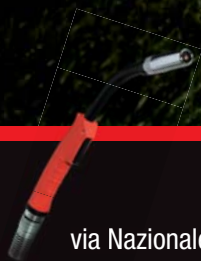
Bibliografia

[1] S. K. Sudari, K. G. Kodancha "On the relationship between J-integral and CTOD for CT and SENB specimens", Frattura ed Integrità Strutturale, 6 (2008)
[2] T. L. Anderson "Fracture Mechanics – Fundamentals and Applications", 2nd Edition CRC Press
[3] BS 7448: Part 1 and 2, 1991 "Fracture mechanics toughness tests"
[4] BS 7910: 2005 "Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures"

Gian Luigi COSSO, laureato in Ingegneria Civile presso l'Università di Genova nel 1999. Funzionario dell'Istituto Italiano della Saldatura dal 2000; attualmente Responsabile del Settore Ingegneria, Calcolo e Progettazione della Divisione Ingegneria.

Michele LANZA, laureato in Ingegneria Meccanica presso l'Università di Genova, dal 1981 è funzionario dell'Istituto Italiano della Saldatura. Ottiene la qualifica IWE e matura esperienze nelle Divisioni Carpenteria, Ingegneria e Laboratorio (come Responsabile della Divisione). Attualmente è impiegato nella Società IIS SERVICE, prima come Responsabile del Settore Strutture Civili e Industriali e dal 2012 come Responsabile della Divisione Ingegneria.

Chiara SERVETTO, laureata in Ingegneria Civile presso l'Università di Genova nel 1992 è funzionario dell'Istituto Italiano della Saldatura dal 1993. Dopo esperienze maturate nella Divisione Ingegneria e Laboratorio, attualmente si occupa di consulenza nella Società IIS SERVICE e dal 2012 è responsabile della Garanzia della Qualità.

Emanuele MAIORANA, laureato in Ingegneria Civile presso l'Università di Padova nel 2001. Dottore di Ricerca in Meccanica delle Strutture presso l'Università di Bologna nel 2007 e International Welding Engineer dal 2009. Già Project Engineer nella Divisione Ingegneria di OMBA Impianti & Engineering SpA dal 2002, attualmente è Responsabile dei Sistemi di Gestione Qualità, Ambiente e Sicurezza e Coordinatore di Saldatura. Dal 2004 al 2008 è stato membro del Consiglio Direttivo italiano dell'International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE). Attualmente è membro del Consiglio Direttivo del Collegio dei Tecnici dell'Acciaio (CTA) e della Commissione U7303 Strutture in acciaio dell'UNI.

PipeWorx™ la semplicità al servizio delle prestazioni

Nuovo! Pipe Welding System disegnato *da e per* i saldatori

I vantaggi esclusivi offerti dal sistema di saldatura PipeWorx™ L'unico impianto multiprocesso *reale!*

Semplicità nell' impostazione dei processi di saldatura

Sinergico

Inversione di polarità automatica

Elettrodo, TIG, TIG HF, FCAW, MIG e MIG Pulsato

RMD™ Avanzato - Software dedicato per la prima passata

Pro-Pulse™ - Software ottimizzato per il riempimento

Saldature di qualità superiore

Elevata produttività

Garanzia 3 anni

TRUE BLUE GARANZIA 3 ANNI

L'applicazione della metodologia RCM per la riduzione del Life Cycle Cost di sistemi Oil & Gas

D. Saccardi *

Sommario / *Summary*

La metodologia RCM può dare un reale e concreto contributo alla ottimizzazione delle politiche manutentive, sia da un punto di vista tecnico-operativo che economico; l'applicazione di questo approccio agli impianti di processo ed in particolare a quelli del settore Oil & Gas, rappresenta dunque una opportunità reale per quelle aziende che intendono adottarla. Per la "stabilizzazione" dei benefici nel tempo, con effetti positivi sull'intero ciclo di vita di un impianto, è necessario che la Reliability Centered Maintenance, non sia limitata ad un progetto isolato, ma che sia invece implementata come processo aziendale permanente, con una struttura organizzativa dedicata di presidio, composta da figure in grado di guidare ed eseguire, le scelte tecniche più efficienti ed efficaci. Le politiche di manutenzione più avanzate: la predittiva (PdM) e quella basata sulle condizioni (CBM), possono essere configurate e definite grazie ad una puntuale applicazione della RCM alle scelte manutentive associabili ai singoli item più critici presenti in un impianto con una conseguente gestione ottimale delle risorse tecnico-operative e organizzative.

The application of RCM methodology to the Life Cycle Cost reduction of Oil & Gas systems.

The RCM methodology can provide a real and concrete contribution to the optimization of maintenance policies, from both a technical-operating and economic standpoint; the application of this approach to process plants and in particular to those of the Oil & Gas, represents a real opportunity for all those companies which are thinking to adopt it.
For the "stabilization" of benefits over time, with positive effects on the entire life cycle of a plant, it is necessary that the Reliability Centered Maintenance is not limited to an isolated project, but is instead implemented as a permanent business process, with an organizational dedicated structure, made up of figures and competences to guide and run the most efficient and effective choices. The most advanced maintenance policies: the predictive (PdM) and condition-based (CBM), can be configured and defined thanks to a timely application of RCM maintenance decisions for the most critical single items within a plant, resulting in an optimal management of technical, operational and organizational resources.

IIW Thesaurus Keywords:
Costs; estimation; gas industry; lifetime; maintenance; oil industry; plants; reliability.

(°) *Memoria presentata al Convegno IIS "La riduzione dei costi attraverso il miglioramento della manutenzione degli impianti industriali", Siracusa, 24 Maggio 2012*

* *ABB S.p.A. – Sesto San Giovanni (Milano)*

Analisi FMECA - RCM

La Figura 1, di seguito riportata, rappresenta il flusso della metodologia "Reliability Centered Maintenance" (RCM), con evidenziate le principali informazioni che ad ogni step vengono elaborate. La metodologia presuppone l'individuazione iniziale di un gruppo di lavoro dedicato.
Preliminarmente all'avvio delle sessioni di analisi FMECA (Failure Mode and Effect Analysis) e RCM, sarà opportuno avere raccolto ed analizzato la documentazione disponibile in Azienda, predisponendo i form di analisi e schedulando in maniera precisa l'agenda degli incontri con il personale dell'Azienda presso la quale viene svolto il progetto, in modo da ridurre al minimo l'impatto sulle attività quotidiane. La metodologia proposta è di tipo integrato, essa presuppone che al termine della analisi FMECA avvenga l'applicazione del modulo decisionale della RCM (Fig. 2), grazie al quale saranno determinate le categorie di intervento manutentivo associate a ciascuno dei modi di guasto che sono emersi per ogni macchina del progetto e che queste siano trattate adeguatamente attraverso opportuni criteri di aggregazione, che tengano conto di tutte le condizioni di vincolo del sistema, andando così a determinare i piani di manutenzione ottimali.
Più nel dettaglio, la metodologia RCM è costituita dai moduli di attività di seguito descritti:

Scomposizione macchina: ogni item viene codificato, in coerenza anche con le regole Aziendali, e per ogni item sono raccolte e registrate tutte le informazioni ed i dati che sono richiesti dalla specifica tecnica di progetto.
Tale valutazione può variare in funzione di diversi fattori legati sia alla reperibilità dei dati, sia al numero di dati qualitativi e quantitativi da raccogliere per ogni elemento di analisi.
Grazie a questa codifica è possibile tracciare ogni tag (item) all'interno delle fasi successive di analisi.
Inoltre, in base a questa classificazione, ad ogni item della scomposizione sarà associata una categoria di tipo affidabilistico ed una categoria di tipo manutentivo.

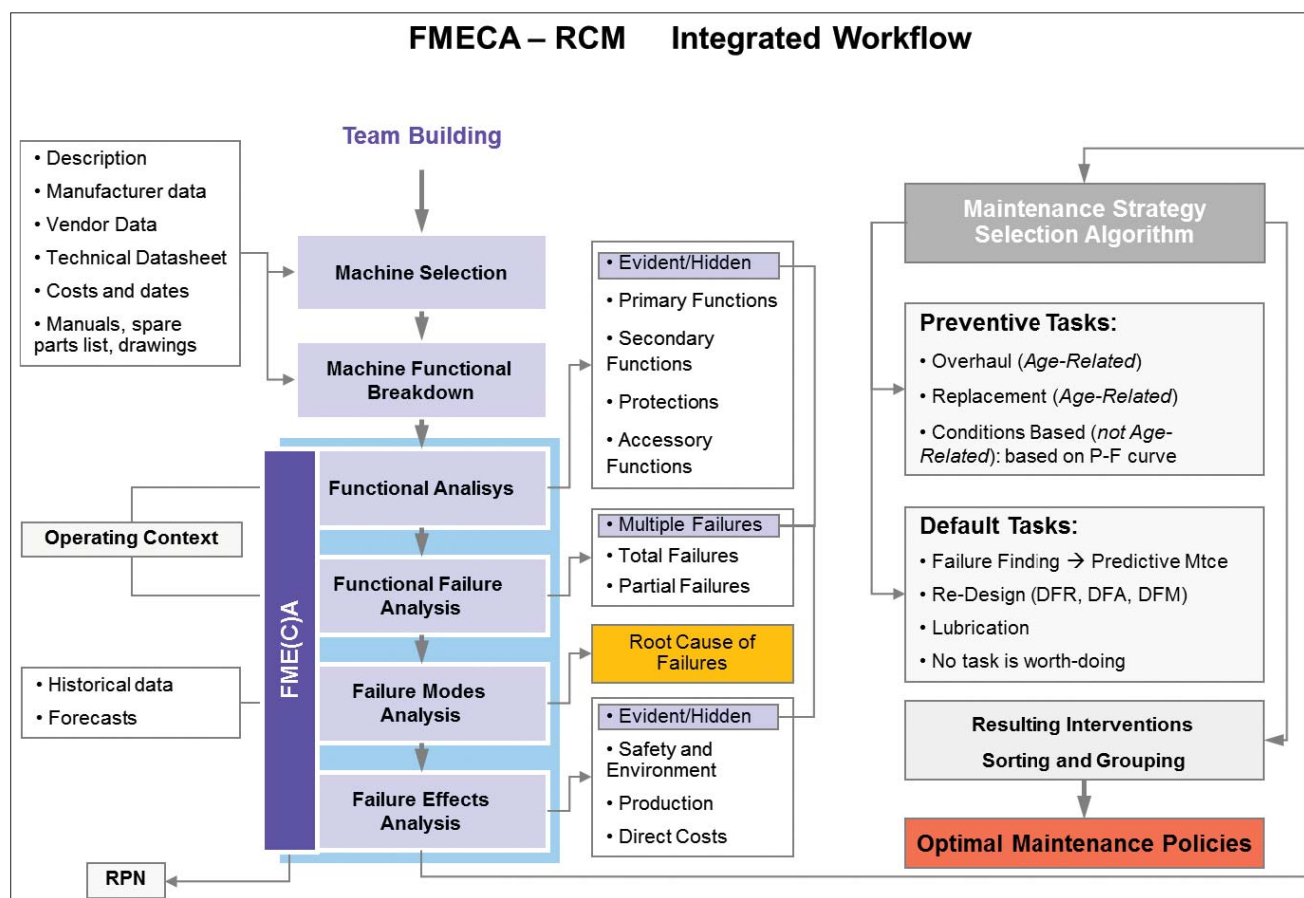



Figura 1 - Workflow della metodologia RCM (2012 ©ABB)

Selezione dei dati RAM: grazie alla disponibilità di DB affidabilistici e manutentivi, riferiti agli "equipment" del settore di riferimento del progetto, sarà creata una scheda per ogni singolo componente risultante dalla scomposizione.
Questi valori saranno confrontati con quelli derivanti dalla analisi di criticità (CA) eseguita nell'ambito del progetto.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): in base a quanto previsto dai principali standard internazionali, una FMEA di dettaglio viene eseguita al livello di "equipment" (Locazione funzionale). Per ogni "equipment", viene analizzato il set dei possibili "failure mode" (FM) e dei rispettivi effetti (a tre livelli: locale, superiore, finale). Per ogni FM, se consentito dai dati presenti nel CMMS Aziendale, viene determinato il FR in modo anche da svolgere un "benchmark" rispetto ai valori di riferimento.

Criticality Analysis (CA): per ogni singolo FM viene effettuata sia una descrizione qualitativa (Safety, Environment, Production, Non Operational) sia una valutazione quantitativa della criticità. Successivamente la criticità di un item è determinata come valore massimo fra i valori di criticità associati ai FM di quello stesso item analizzato. Particolare attenzione in questa valutazione è anche rivolta agli effetti domino associabili alle 'catene di guasto'. A fronte di ciascuna criticità riscontrata, vengono elaborate le proposte di miglioramento (tecnologiche e/o procedurali) più adeguate a consentire il superamento della problematica e che saranno oggetto di ulteriori valutazioni. La classificazione della gravità delle conseguenze (severity), e così anche di quella relativa alla rilevabilità (detectability) ed alla frequenza di un modo di guasto (occurrence) sarà condivisa con l'Azienda.
Il prodotto dei fattori rilevabilità, frequenza e gravità costituisce il "Risk Priority Number" (RPN); quest'ultimo parametro sarà considerato quale "driver" principale per effettuare la "Criticality Prioritization" di componenti e macchine. A tale proposito sarà definito e predisposto un algoritmo che permetta di ottenere un "ranking" di criticità, in modo da selezionare gli item più critici (a livello di componenti della macchina). A fronte di ogni proposta di miglioramento, associata ad una delle criticità riscontrate, sarà valutata l'entità del miglioramento potenzialmente realizzabile, espresso in termini di riduzione del grado complessivo di criticità (RPN).

Maintenance Strategy Selection: secondo quanto previsto dall'approccio RCM, viene fissato un apposito algoritmo per determinare la migliore politica di manutenzione preventiva con i relativi task di dettaglio. Questa valutazione è sviluppata secondo un principio di coerenza fra le scelte tecniche focalizzate all'incremento della affidabilità e della disponibilità e gli obiettivi di riduzione dei costi globali.

Modellazione RAM: sulla base di quanto eseguito nelle precedenti fasi di analisi e dei riscontri ottenuti dalla raccolta di dati per ogni singolo item, laddove si renda necessario valutare due o più proposte alternative di miglioramento, potrà essere realizzato un modello "Reliability Block Diagram" (RBD) a livello di componenti derivanti dalla scomposizione, nel quale saranno rappresentate le relazioni semplici o complesse che caratterizzano il funzionamento del sistema

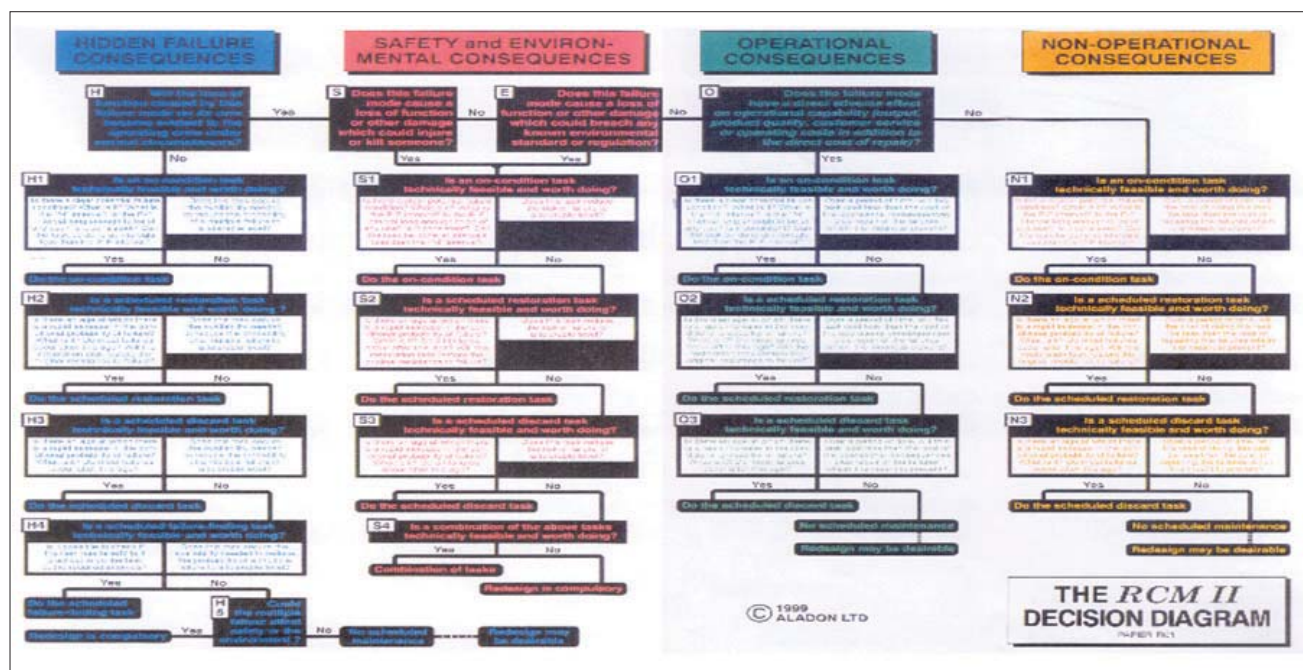



Figura 2 - Albero decisionale della RCM

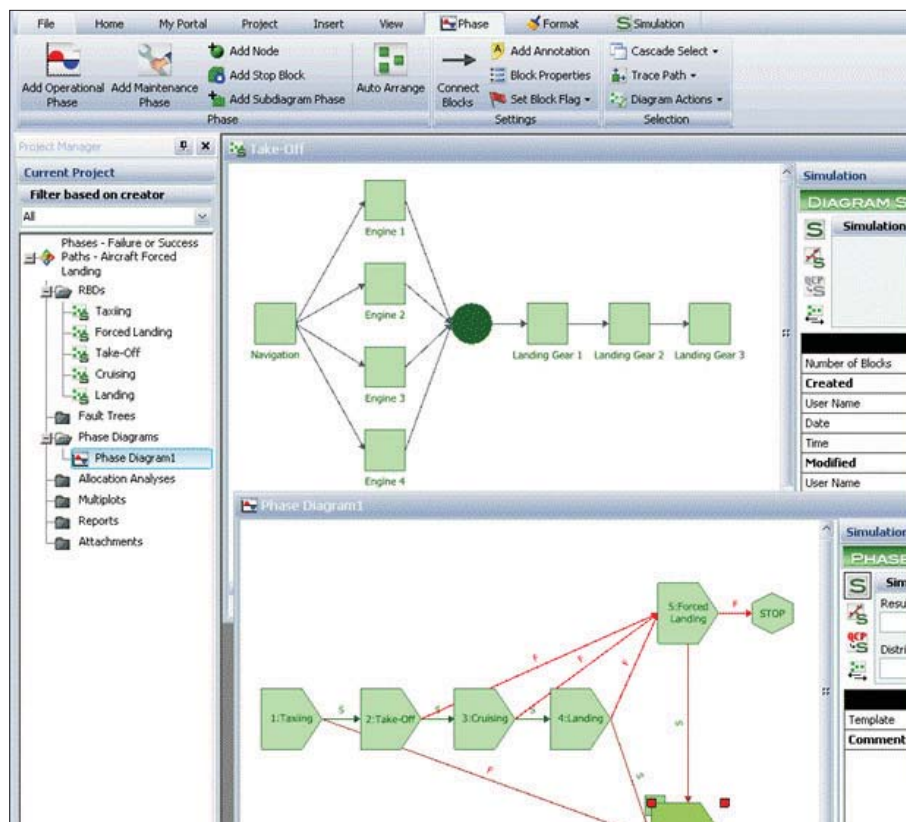



Figura 3 – Strumenti di supporto per le analisi RBD

oggetto di tale approfondimento (serie, paralleli, stand-by semplici, stand-by con riserva, matrici, etc.).
Nella rappresentazione sono impiegate in generale regole di annidamento, grazie anche all'impiego di strumenti software avanzati, che consentano di simulare il modello, non risolvibile per via matematica. Le prestazioni RAM saranno stimate indicando il livello di accuratezza associato (standard deviation, test di Fisher, etc.).

La validazione del modello sarà necessaria allo scopo di impiegarlo come efficace strumento di previsione delle prestazioni affidabilità e disponibilità.
L'uso di strumenti di calcolo dedicati consente di svolgere queste specifiche valutazioni in maniera più rapida (Fig. 3).

Reliability Centered Maintenance e Life Cycle Cost

E' possibile rappresentare il processo complessivo ed integrato RCM e LCC, così come riportato nella Figura 4.
Tale immagine riporta gli step fondamentali della metodologia RCM prima introdotti ed espressi tramite opportuni acronimi, con un focus differenziato sul parametro "Reliability" (R) e su quello "Availability" (A), (MEL è l'acronimo di Master Equipment List e PP quello di Preliminary Prioritization). L'obiettivo della RCM è quello di ottimizzare il quadro manutentivo complessivo, sia sotto il profilo delle prestazioni tecniche, che di quelle economiche. In particolare nell'ambito Oil & Gas, il parametro guida è quello della disponibilità degli impianti di produzione, ciò in ragione degli elevati valori economici (mancato fatturato) associati alle fermate; per tale motivo occorre privilegiare non soltanto l'aspetto affidabilistico, dei singoli componenti e del loro

Figura 4 – Processo metodologico integrato RCM - LCC

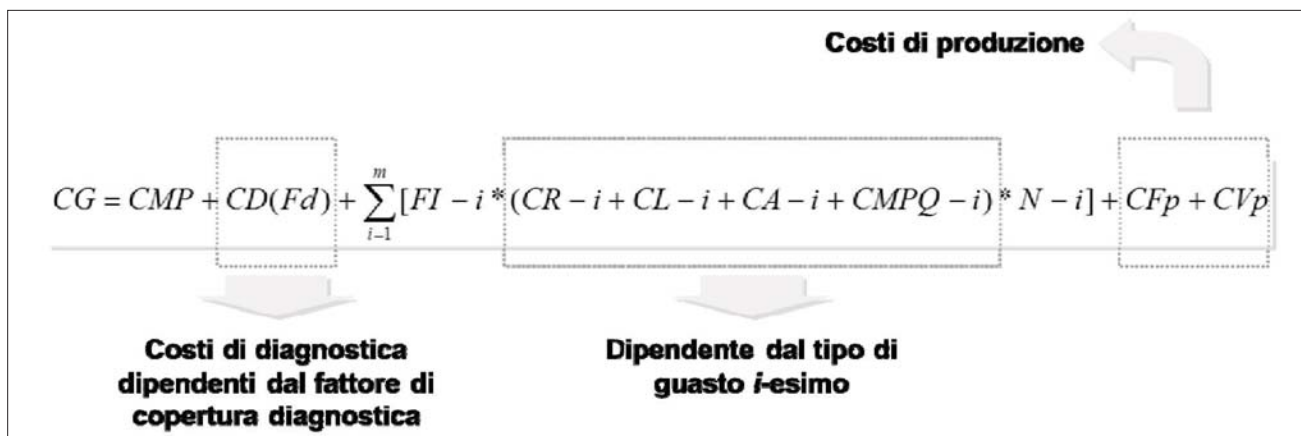



Figura 5 – Ottimizzazione del costo di gestione nel tempo

insieme sintetizzato dal sistema, ma anche quello della manutenibilità delle singole apparecchiature che compongono un impianto, così come del sistema-impianto nel suo complesso. E' necessario quindi coniugare in un'unica valutazione sia la affidabilità che la manutenibilità, da cui discende in maniera non lineare la disponibilità. In un'ottica di "Life Cycle Cost", le prestazioni affidabilità e manutenibilità devono poi essere valutate in maniera dinamica nel tempo tenendo conto di tutti quei comportamenti "time-dependent", che caratterizzano questi parametri. Gestire le politiche manutentive attraverso un approccio sistematico e quantitativo come l'RCM permette di ottimizzare tutti i fattori che impattano sulla manutenzione: le frequenze, le durate, il personale, i ricambi. Ad ognuno di questi fattori è associata una voce di costo per cui la loro ottimizzazione si traduce in un risparmio, spesso di notevole entità. In sintesi si può affermare che la corretta applicazione della metodologia RCM, integrata con un approccio LCC, consente di minimizzare nel tempo il costo complessivo annuo di gestione CG (Fig. 5), a parità di domanda produttiva. Dove, con riferimento alla Figura 5, si ha:

- CMP - costo di Manutenzione preventiva programmata o periodica: è il costo associabile alle risorse che sono impiegate per l'esecuzione di tutti gli interventi preventivi di tipo "Hard Time", etc.
- i: indice dei guasti che avvengono su una particolare macchina o impianto
- CR-i - costo diretto di riparazione del guasto i-esimo: è il costo riconducibile alle risorse direttamente associabili alla riparazione del guasto i-esimo (ore-uomo, materiali ed attrezzature) ogni volta che questo accade su un impianto o su una macchina, etc.
- CL-i - costo logistico: è il costo associato all'allestimento dell'intervento di riparazione del guasto i-esimo, etc.
- CA-i - costo amministrativo: è il costo del personale amministrativo coinvolto nella gestione del guasto i-esimo, etc.
- CMPQ-i - costi di mancata produzione e/o di produzione scartata: è il costo, se presente, da sostenere dovuto al fatto di non poter realizzare una produzione programmata, e/o di avere scarti di produzione riconducibili al guasto i-esimo, etc.
- N-i: numero di volte nell'arco di un anno in cui si verifica il guasto i-esimo su un impianto o su una macchina, etc.
- FI-i - fattore immagine: è un coefficiente uguale o maggiore di 1, da valutare in funzione della tipologia del guasto i-esimo, etc.

Esiste dunque una coerenza metodologica fra la capacità di una adeguata e ben dimensionata adozione della manutenzione predittiva e su condizione ed il raggiungimento dei livelli ottimali di costo, nel tempo; ogni anno, al variare nel tempo dei contributi che compaiono nella formula di Figura 5, occorre ridefinire i singoli punti di ottimo.
Un fattore fondamentale da questo punto di vista è la definizione dei corretti intervalli di manutenzione.
Questo permette di ottimizzare le fermate, risultato automatico di una corretta applicazione dell'RCM.
Fare manutenzione quando serve, se da un lato riduce le probabilità di rottura, e quindi i relativi tempi di mancata produzione per fermate non programmate, dall'altra permette di armonizzare le manutenzioni su sistemi complessi quali gli impianti Oil & Gas, approcciando la manutenzione sui diversi componenti/apparecchiature in modo integrato, il che assicura:

1. riduzione dei tempi di fermata per manutenzione programmata, incrementando di conseguenza la disponibilità degli impianti, vale a dire i tempi di produzione;
2. riduzione delle spese per il personale, dal momento che le squadre di manutentori possono essere impiegate in modo più razionale raggruppando in maniera omogenea le attività;
3. riduzione dei costi per materiali ed attrezzature, grazie ad una più efficace pianificazione.

L'RCM, attraverso il metodo di simulazione affidabilistica RBD permette anche di ottimizzare il magazzino dei materiali di ricambio, sia da un punto di vista dei materiali immobilizzati che del corretto flusso di materiali in base alle rotture previste ed alle attività programmate. Questo aspetto

è fondamentale, dal momento che una corretta applicazione dell'RCM permette di trovare il giusto stock per l'ottimizzazione della disponibilità degli impianti, evitando scorte eccessive, ma anche inutili attese per pezzi di ricambio con ovvie ricadute sulla produzione.
Questo è uno degli aspetti di maggiore interesse di un approccio RCM, anche se non sempre opportunamente evidenziato. Fattore fondamentale per la riduzione del "Life Cycle Cost" è la ingegnerizzazione delle strategie di manutenzione, vale a dire la capacità di fare la manutenzione che serve in funzione delle caratteristiche degli oggetti e del loro utilizzo, in termini di tempo e di stress.
Non sempre infatti la manutenzione preventiva è la soluzione migliore.
In particolare l'utilizzo della strategia su condizione attraverso l'individuazione di opportuni parametri di controllo, delle leggi di degrado e dei limiti di intervento, è una soluzione ancora poco utilizzata in campo Oil & Gas, ma che permette risparmi importanti dal momento che elimina gli interventi evitabili o, al contrario, evita di incorrere nel rischio di rotture e guasti inattesi e spesso per questo molto penalizzanti.
A questo riguardo, grazie alla maturità tecnologica degli ultimi dieci anni, i controlli possono essere continui, attraverso opportuni sistemi di monitoraggio on-line, o discreti, fatti cioè periodicamente, nel qual caso bisogna però fissare in maniera ragionata tali intervalli per evitare che l'intervallo tra un controllo ed il successivo sia maggiore del tempo caratteristico di degrado del parametro osservato.
La fase dell'RCM denominata MSS è deputata proprio a queste analisi ed è pertanto un momento decisivo per la riduzione del "Life Cycle Cost".
Bisogna tener conto anche del fatto che talvolta la manutenzione non serve per niente, ad esempio per tutti quei componenti soggetti a rotture "random" (tasso di guasto costante nel tempo). In questi casi programmare una manutenzione preventiva si rivela un inutile spreco di risorse.

Conclusioni

L'RCM permette in un unico processo di tenere sotto controllo molteplici fattori. Ogni fase è propedeutica alla successiva e tutte concorrono alla progettazione di un piano di manutenzione in grado di assicurare completezza tecnica e assoluta sostenibilità economica dal momento che affronta ed elimina ogni voce di spreco legata alla manutenzione.
La possibilità di associare alle valutazioni RAM, tipiche di un approccio RCM, anche quella del ciclo di vita LCC, permette di rendere dinamica la ricerca del punto di ottimizzazione e ciò è in linea con un concetto di implementazione delle metodologie più come processi aziendali che come progetti singolari.
I benefici che si possono ottenere dalla RCM integrata con un'impostazione LCC, sono fortemente dipendenti dal momento nel quale lo studio viene avviato: fase di progettazione o fase di esercizio. Da un lato, l'applicazione della metodologia integrata RCM-LCC durante la fase di progettazione può consentire di non avere limiti predefiniti alle scelte di design, mentre se tale applicazione avviene durante la fase di esercizio, vi potranno essere maggiori vincoli dei quali tenere conto nelle scelte tecniche, ma dall'altro lato sarà possibile utilizzare i dati storici, se disponibili, per prendere delle decisioni più mirate. Le applicazioni RCM al settore Oil & Gas consentono ai Clienti di recuperare anche il 10-15% in termini di disponibilità, partendo da condizioni non particolarmente critiche; in ogni caso, la metodologia può essere utile anche per interventi di ottimizzazione vera e propria, lavorando sui recuperi marginali del 2-3% che però, applicati a macchine di produzione di grandi dimensioni, corrispondono a benefici di notevole entità, soprattutto se prolungati nel tempo attraverso una adeguata revisione dinamica delle politiche manutentive, nell'ottica di un'ottimizzazione dell'intero ciclo di queste macchine, la cui vita è tipicamente compresa fra i 18 ed i 25 anni a seconda del carico di funzionamento al quale sono sottoposte.

Bibliografia

[1] Progettare e gestire la manutenzione, L. Fedele, L. Furlanetto, D. Saccardi - McGraw-Hill, 2004 ISBN: 9788838662393

Daniele SACCARDI, laureatosi in Ingegneria Meccanica presso l'Università di Firenze, inizia a svolgere attività di consulenza industriale e multidisciplinare, operando in svariati settori e per conto prevalentemente di grandi aziende nazionali e multinazionali, sia pubbliche che private. Diviene successivamente Senior Project Engineer Consultant di ABB S.p.A., presso le BU Global Consulting e Full Service, partecipando, in Italia ed all'estero, a progetti rilevanti nell'ambito dell'asset management, dell'ingegneria di manutenzione, dell'efficienza energetica e della automazione logistica ed operativa, temi dei quali si occupa da ormai quindici anni. Autore di un manuale sull'ingegneria della manutenzione e di uno sull'efficienza energetica, nel corso degli anni ha anche pubblicato molti articoli su riviste tecnico-scientifiche; su tali temi ha inoltre partecipato come relatore e moderatore a numerose conferenze. Ha svolto attività di docenza in corsi universitari e master presso alcune Università italiane, pubbliche e private, così come presso centri specializzati di formazione post-universitaria.

trafimetdistribution.com

ERGOCUT S 65

ADAPTIVE POWER

HF

YOUR WELDING PARTNER

TORCIA PER TAGLIO PLASMA ERGOCUT **S 65**

La ERGOCUT **S 65** è la nuova torcia Trafimet per taglio Plasma senza alta frequenza, grazie al suo progetto innovativo diventa lo standard di riferimento per le torce da 60 A.

La ERGOCUT **S 65** è particolarmente adatta a tutti coloro che desiderano una torcia professionale e di semplice utilizzo, è disponibile nelle configurazioni STANDARD e DRAG.

DURATA RICAMBI

Trafimet Distribution | Tel. +39 0444 739800 | Fax +39 0444 739899 | info@trafimetdistribution.com

Modelli di organizzazione e gestione della sicurezza

P. Picollo *
L. Timossi *

Sommario / *Summary*

Il tema della salute e della sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro risulta essere di particolare attualità per gli aspetti etici e sociali che vengono toccati. Il quadro normativo che regola la materia in Italia è stato rivisto 4 anni fa con l'introduzione del D.Lgs. 81/2008 e con le successive integrazioni ad oggi intervenute; tale nuovo contesto legislativo ha cercato di risolvere i problemi di incompletezza e frammentarietà della normativa previgente, fornendo agli attori interessati alla sicurezza uno strumento per potere organizzare e gestire i propri processi aziendali nel rispetto dell'integrità fisica e della personalità morale dei lavoratori. Inoltre sono state meglio esplicitate le responsabilità inerenti la salute e la sicurezza all'interno dell'impresa, nonché i criteri di gestione delle interfacce, quando due o più organizzazioni operano contemporaneamente. Purtroppo i principi costituzionali che hanno guidato il Legislatore nell'elaborazione delle norme vengono nella pratica dimenticati e, come spesso accade in Italia, i comportamenti si traducono in una applicazione formale e burocratica delle regole, che nella maggior parte dei casi riduce l'efficacia delle azioni applicate, con inutili aggravi di costi. Come peraltro richiamato anche nel D.Lgs. 231/2001, uno strumento utile per rendere efficace l'azione di una Azienda in materia di tutela della salute e della sicurezza sui luoghi di lavoro risulta essere l'applicazione di un modello organizzativo e gestionale adeguato e personalizzato sulle proprie esigenze, basato sulle linee guida fornite da alcuni riferimenti normativi nazionali ed internazionali.

The topic concerning occupational health and safety is particulary important with regard to the related ethical and social aspects. The regulatory framework governing the matter in Italy was revised four years ago with the introduction of Italian Decree n. 81/2008 and subsequent additions; this new legislative framework has tried to solve the problems of incomplete and fragmentary nature of the previous legislation, giving stakeholders the instrument to be able to organize and to manage their business processes, complying with the physical and mental health of workers. Furthermore the responsibilities about health and safety within the company and the criteria for managing interfaces when two or more organizations work together are also better explained. Unfortunately, the constitutional principles that lead the Legislator in the development of rules are often forgotten in Italy, so that, in practice, the behaviors are given to a formal and bureaucratic application of this rules, which, in most cases reduces the effectiveness of applied actions, with an increase of unuseful burdens and costs. However, as also recalled in Italian Decree n. 231/2001, an useful tool to facilitate effective actions of a Company in the field of occupational health and safety appears to be the implementation of an organizational and management model adapted and customized to one's needs, based on the guidelines provided by some national and international standards.

IIW Thesaurus Keywords:
Health and safety; management; occupational diseases; occupational health; recommendations; standards.

* IIS CERT dell'Istituto Italiano della Saldatura - Genova

1. Introduzione

Nel nostro Paese, la sicurezza sul lavoro è attualmente trattata, a livello legislativo, nel cosiddetto "Testo unico sulla sicurezza".
Si tratta per la precisione del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, meglio noto come D.Lgs. 81/08 ed a volte semplicemente detto "Decreto 81".
Il Testo unico sulla sicurezza attualmente in vigore ha riassunto e ordinato in sé tutte le normative previgenti nel campo della sicurezza, a volte suddivise per settore, dalla storia e dalla cronologia differenti.
Si tratta di una raccolta ordinata e compiuta di articoli, commi ed allegati, nella quale il legislatore indica ad aziende, datori di lavoro e lavoratori quanto è essenziale e obbligatorio fare in riferimento, in ogni ambiente di lavoro, alla prevenzione ed alla tutela della salute fisica e mentale, alla valutazione dei rischi, alla sorveglianza sanitaria, al primo soccorso e all'antincendio.
Il Testo unico si riferisce a datori di lavoro e lavoratori, ma anche a tutte le altre figure professionali che popolano i luoghi di lavoro e sulle cui particolari mansioni e responsabilità vengono suddivisi gli accorgimenti abitudinari e le prassi utili per la sicurezza: RSPP, RLS, preposto, addetto al primo soccorso, addetto antincendio e medico competente, soggetti per i quali il Testo unico prevede una adeguata formazione e un relativo e periodico aggiornamento.
Il D.Lgs. 81/08 è stato introdotto nell'ordinamento italiano come "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro": tale articolo di legge esprimeva l'esigenza di una nuova normativa in materia, e lo faceva chiedendo al Governo di realizzare una nuova legge entro nove mesi. Veniva espressa quindi l'esigenza di una normativa italiana nuova, efficace e aggiornata, che divenisse riferimento unico per il mondo del lavoro e che unificasse e concentrasse in uno solo testo adempimenti ed obblighi per le figure professionali sopra citate.
Lo scopo era il riassetto e la riforma delle disposizioni vigenti in materia di salute e sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro, in conformità all'articolo 117 della Costituzione e agli statuti delle regioni a statuto speciale e delle province autonome, con emissione di relative norme di attuazione, per garantire l'uniformità della tutela dei lavoratori sul territorio nazionale attraverso il rispetto dei livelli essenziali delle prestazioni concernenti i diritti civili e sociali, anche con riguardo alle differenze di genere e alla condizione delle lavoratrici e dei lavoratori immigrati.
Il Testo unico attualmente in vigore ha integrato nel suo corpo normativo alcune modifiche apportate nel 2009 dal Decreto Legislativo 3 agosto 2009, n. 106 (noto anche come "decreto correttivo"). Si tratta di un decreto approvato poco più di un anno dopo la pubblicazione del D.Lgs. 81/08 e che ha apportato al corpo originario delle modifiche riguardanti sostanzialmente i datori di lavoro, il documento di valutazione rischi, il rischio da interferenza in cantiere e la sorveglianza sanitaria.
Non si tratta comunque di due testi complementari o contrapposti: il Testo unico rimane una sola e unica legge. Può capitare di trovare la dicitura "D.Lgs. 81/08 integrato con D. Lgs. 106/09" (o diciture simili): ci si trova comunque davanti al Testo unico attualmente in vigore, e non a leggi differenti o terze.
Il decreto 81 cita poi espressamente – come modello organizzativo e gestionale per la definizione e l'attuazione di una politica aziendale per la salute e la sicurezza sul luogo di lavoro – il decreto legislativo 8 giugno 2001, n. 231 (più noto come D.Lgs. 231/2001), recante la disciplina della responsabilità amministrativa delle persone giuridiche, delle società e delle associazioni anche prive di personalità giuridica.
Infine, il nuovo Testo unico ha infine previsto l'abrogazione (con differenti modalità temporali) di diverse normative, tra le quali, in particolare il D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547 ed il D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 (cioè la famosa "legge 626").
Tralasciando gli aspetti squisitamente legislativi, nei punti seguenti verranno trattati alcuni argomenti riguardanti le ricadute di natura organizzativa e gestionale delle quali l'azienda deve farsi carico, con l'obiettivo di garantire un modello di gestione della materia funzionale, snello ed efficace.

2. L'Organizzazione

In termini organizzativi il riferimento aziendale principale in materia di salute e sicurezza è il Datore di Lavoro (DL), che per la legge è il soggetto che "*ha la responsabilità dell'orga-*

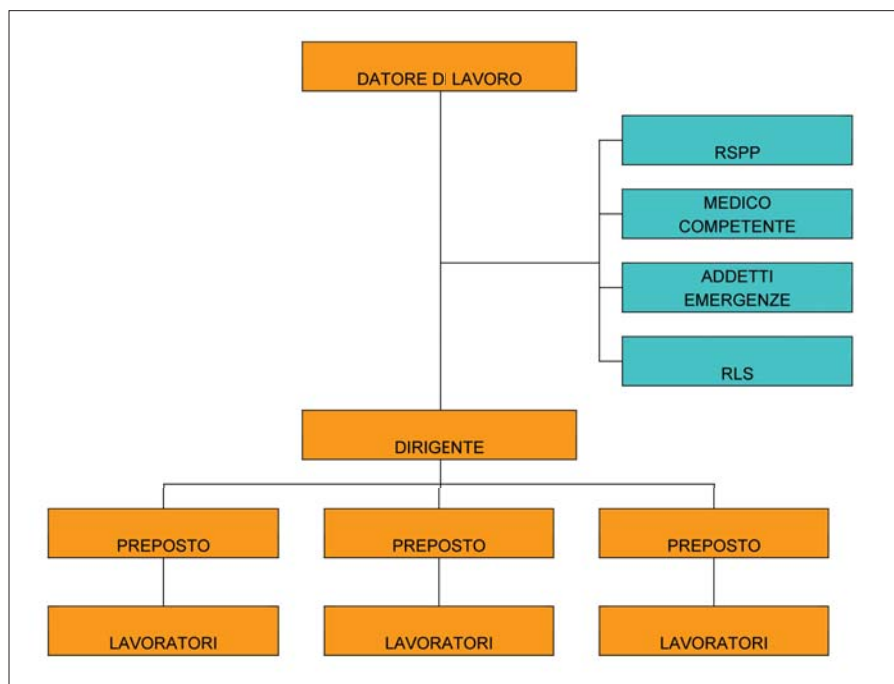



Figura 1 - Organigramma tipico. In arancione: struttura organizzativa aziendale; in azzurro: figure specialistiche/istituzionali proprie dei servizi dedicati alla salute e sicurezza dei lavoratori

nizzazione o dell'unità produttiva in quanto esercita i poteri decisionali e di spesa". Dalla definizione si evince pertanto che il DL, vista la sua posizione apicale all'interno dell'azienda, è il primo responsabile di una corretta impostazione e gestione dell'organizzazione anche in termini di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori. La principale responsabilità risulta quella di definire la politica e gli indirizzi da attuare al fine di ridurre ai minimi termini i rischi connessi allo svolgimento di tutte le attività del personale, facendo in modo che tali principi ed indirizzi permeino l'intera organizzazione; la messa in pratica di tali indirizzi deve spettare in generale alle funzioni operative che sono coinvolte direttamente nelle attività quotidiane.

Pertanto in generale, poichè le aziende, anche di piccola dimensione, sono già strutturate ed organizzate per fornire beni/servizi in modo quanto più possibile efficace ed efficiente, occorre presupporre che, anche in termini di salute e sicurezza, la definizione di responsabilità e gerarchie debba ricalcare il tipo di organizzazione interna che l'Azienda si è data, al fine di non creare duplicati di funzioni o percorsi paralleli alla normale vita della Società, che facilmente risultano avulsi dalla realtà "produttiva" e quindi poco efficaci e molto costosi; in pratica occorre avere bene presente che la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori non è una funzione a sé stante, ma è uno degli aspetti che di fatto fanno parte del processo produttivo.

Il DL deve inoltre scegliere una serie di figure di staff, che possono anche essere esterne all'organizzazione, competenti in materia di salute e sicurezza sui luoghi di lavoro e specializzate sulla tipologia di attività e di ambienti lavorativi propri dell'azienda, aventi la funzione di supporto nella impostazione e nella gestione dell'organizzazione.

Nella Figura 1 è rappresentato un organigramma tipico, dove le parti in arancione rappresentano la generica struttura organizzativa aziendale e quelle in azzurro le figure specialistiche/istituzionali proprie dei servizi dedicati alla salute e sicurezza dei lavoratori.

La legge definisce le varie figure e ne richiama i compiti e gli obblighi ad esse associati; a titolo di esempio tra gli obblighi non delegabili da parte del DL ci sono la valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori e la designazione del Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione dai rischi (RSPP), che di fatto è il principale "consulente" del DL su tale materia.

Tra le figure di "staff" rappresentate nella Figura 1 non bisogna dimenticare la figura del Medico Competente (MC), che oltre a collaborare con DL e RSPP nella fase di valutazione dei rischi, ha tra gli altri l'obbligo di programmare ed effettuare la sorveglianza sanitaria del personale attraverso protocolli sanitari definiti in funzione dei rischi specifici. Non va infine dimenticato il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza (RLS), figura "istituzionale" con funzioni principalmente consultive, eletta o designata per rappresentare i lavoratori per quanto concerne gli aspetti della salute e della sicurezza durante il lavoro.

Nel successivo Paragrafo 3 si tratterà con maggiore dettaglio dell'importanza dell'attività di valutazione dei rischi, in quanto da questa deriva il contesto nel quale l'organizzazione si deve muovere e gli indirizzi da attuare per garantire un adeguato livello di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori. Dal punto di vista organizzativo occorre comunque tenere presente alcuni dei principali obblighi che la legge impone agli attori direttamente interessati ai processi operativi aziendali.

I dirigenti che organizzano e dirigono le attività, vigilando su di esse secondo le attribuzioni e le competenze ad essi conferite dal DL, devono secondo la legge:

- nell'affidare i compiti ai lavoratori, tenere conto delle capacita' e delle condizioni degli stessi in rapporto alla loro salute e alla sicurezza;
- fornire ai lavoratori i necessari ed idonei dispositivi di protezione individuale;
- prendere le misure appropriate affinche' soltanto i lavoratori che abbiano ricevuto adeguate istruzioni e specifico addestramento accedano alle zone che li espongono ad un rischio grave e specifico;
- richiedere l'osservanza da parte dei singoli lavoratori delle norme vigenti, nonche' delle disposizioni aziendali in materia di sicurezza e di igiene del lavoro e di uso dei mezzi di protezione collettivi e dei dispositivi di protezione individuali messi a loro disposizione;
- inviare i lavoratori alla visita medica entro le scadenze previste dal programma di sorveglianza sanitaria e vigilare affinche' i lavoratori per i quali vige l'obbligo di sorveglianza sanitaria non siano adibiti alla mansione lavorativa specifica senza il prescritto giudizio di idoneità;
- adottare le misure per il controllo delle situazioni di rischio in caso di emergenza e dare istruzioni affinche' i lavoratori, in caso di pericolo grave, immediato ed inevitabile, abbandonino il posto di lavoro o la zona pericolosa;
- informare il piu' presto possibile i lavoratori esposti al rischio di un pericolo grave e immediato circa il rischio stesso e le disposizioni prese o da prendere in materia di protezione;
- adempiere agli obblighi di informazione, formazione e addestramento;
- astenersi, salvo eccezione debitamente motivata da esigenze di tutela della salute e sicurezza, dal richiedere ai lavoratori di riprendere la loro attivita' in una situazione di lavoro in cui persiste un pericolo grave e immediato;
- prendere appropriati provvedimenti per evitare che le misure tecniche adottate possano causare rischi per la salute della popolazione o deteriorare l'ambiente esterno verificando periodicamente la perdurante assenza di rischio;
- adottare le misure necessarie ai fini della prevenzione incendi e dell'evacuazione dei luoghi di lavoro, nonche' per il caso di pericolo grave e immediato;
- aggiornare le misure di prevenzione in relazione ai mutamenti organizzativi e produttivi che hanno rilevanza ai fini della salute e sicurezza del lavoro, o in relazione al grado di evoluzione della tecnica della prevenzione e della protezione;
- vigilare in ordine all'adempimento degli obblighi ricadenti su preposti, lavoratori, progettisti, fabbricanti, fornitori, installatori e medico competente, ferma restando l'esclusiva responsabilità dei suddetti soggetti qualora la mancata attuazione dei predetti obblighi sia addebitabile unicamente agli stessi e non sia riscontrabile un difetto di vigilanza.

In sintesi ai dirigenti spettano principalmente responsabilità "in eligendo" ed "in vigilando", mentre i preposti, secondo le loro attribuzioni e competenze, sovrintendono alla attività lavorativa, garantendo l'attuazione delle direttive ricevute e controllandone la corretta esecuzione da parte dei lavoratori. Pertanto nell'esercizio di un funzionale potere di iniziativa i preposti devono:

- sovrintendere e vigilare sulla osservanza da parte dei singoli lavoratori dei loro obblighi di legge, nonche' delle disposizioni aziendali in materia di salute e sicurezza sul lavoro e di uso dei mezzi di protezione collettivi e dei dispositivi di protezione individuale messi a loro disposizione e, in caso di persistenza della inosservanza, informare i loro superiori diretti;
- verificare che soltanto i lavoratori che hanno ricevuto adeguate istruzioni accedano alle zone che li espongono ad un rischio grave e specifico;
- richiedere l'osservanza delle misure per il controllo delle situazioni di rischio in caso di emergenza e dare istruzioni affinche' i lavoratori, in caso di pericolo grave, immediato e inevitabile, abbandonino il posto di lavoro o la zona pericolosa;
- informare il piu' presto possibile i lavoratori esposti al rischio di un pericolo grave e immediato circa il rischio stesso e le disposizioni prese o da prendere in materia di protezione;
- astenersi, salvo eccezioni debitamente motivate, dal richiedere ai lavoratori di riprendere la loro attività in una situazione di lavoro in cui persiste un pericolo grave ed immediato;
- segnalare tempestivamente al datore di lavoro o al dirigente sia le deficienze dei mezzi e delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale, sia ogni altra condizione di pericolo che si verifichi durante il lavoro, delle quali vengano a conoscenza sulla base della formazione ricevuta;
- frequentare appositi corsi di formazione.

E' necessario infine evidenziare che anche i lavoratori, secondo le loro attribuzioni e competenze, devono:

- osservare le disposizioni e le informazioni aziendali impartite dal DL, dai dirigenti e dai preposti ai fini della protezione collettiva ed individuale;
- utilizzare correttamente le attrezzature di lavoro, le sostanze ed i preparati pericolosi, i mezzi di trasporto,

TABELLA 1 - Scala di valori di rischio ed azioni necessarie per la loro gestione

GIUDIZIO	DESCRIZIONE
BASSO / TRASCURABILE	Non si rileva alcun intervento necessario. Monitorare periodicamente le misure poste in essere.
SCARSO / MODESTO	Occorre mantenere sotto controllo i rischi residui valutando ipotesi di interventi migliorativi in fase di programmazione. Non si ravvisano interventi urgenti.
MEDIO	Occorre monitorare costantemente i rischi residui e predisporre misure transitorie. E' necessario introdurre interventi migliorativi nel breve/medio periodo.
ALTO	Predisporre con urgenza interventi di prevenzione e protezione che riducano il rischio. Intervenire immediatamente per eliminare/ridurre il pericolo.

nonché i dispositivi di sicurezza e di protezione individuale messi a loro disposizione;
- non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che non sono di loro competenza ovvero che possono compromettere la sicurezza propria o di altri lavoratori;
- non rimuovere o modificare senza autorizzazione i dispositivi di sicurezza o di controllo o di segnalazione;
- segnalare immediatamente al DL, al dirigente o al preposto le deficienze dei mezzi e delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale, sia ogni altra condizione di pericolo che si verifichi durante il lavoro, delle quali venga a conoscenza sulla base della formazione ricevuta, adoperandosi direttamente, in caso di urgenza e nell'ambito delle proprie competenze e possibilità, a ridurre le situazioni di pericolo grave;
- partecipare ai programmi di formazione ed addestramento predisposti dal DL e sottoporsi ai controlli sanitari previsti dal relativo protocollo.

Occorre sottolineare che tutte le figure sopra menzionate, con l'eccezione di quelle componenti la struttura di staff per le quali devono essere formalizzate ed accettate le nomine, devono rispettare gli obblighi che gli competono in termini di salute e sicurezza del personale per il solo fatto che occupano di fatto una certa posizione di responsabilità gerarchica all'interno della organizzazione aziendale. In altre parole il Responsabile di funzione/processo di un determinato bene/servizio, sia Dirigente o Preposto, nello svolgimento delle proprie attività non può non attuare tutte le misure necessarie atte a tutelare la salute e la sicurezza dei propri sottoposti, ma soprattutto deve vigilare sul fatto che tali misure siano applicate dal personale.
Infine tutta l'organizzazione deve essere coinvolta in modo attivo e dinamico, per potere raggiungere con più facilità gli obiettivi di miglioramento continuo cui la legge fa riferimento e dove formazione ed informazione costituiscono il principale strumento di diffusione della cultura della prevenzione e della sicurezza personale.

3. Valutazione dei Rischi

Dalla trattazione del punto precedente si evince che l'aspetto principale da prendere in considerazione per potere definire gli obiettivi da perseguire e stabilire il contesto nel quale l'organizzazione opera, è costituito dalla valutazione di tutti i rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori, comprendendo le attività svolte, i luoghi di lavoro di effettuazione delle stesse e le attrezzature e/o sostanze. In sintesi con il termine "valutazione" si intende un processo atto a:
- individuare i pericoli associati ai luoghi di lavoro, alle sostante impiegate, alle attrezzature utilizzate ed alle attività svolte dal personale;
- valutare i danni. Il danno, definibile come evento indesiderato conseguente in taluni casi e non inevitabilmente, all'esistenza di un pericolo, è abbastanza oggettivo, sempre misurabile in qualche unità di misura ma con un certo grado di soggettività, dovuta al recettore del danno stesso;
- valutare i rischi, attraverso una stima o un giudizio sulle probabilità relative all'accadimento di tali danni.

In altre parole il rischio R è quindi espressione della probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione, e dunque è

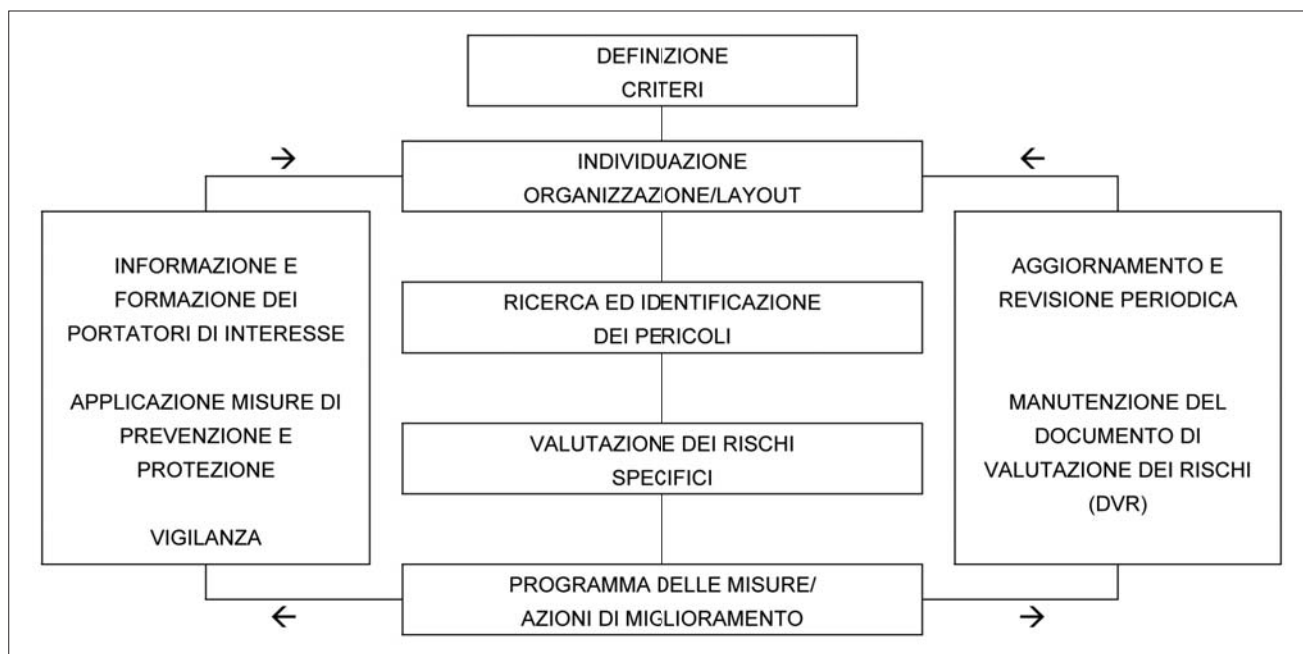



Figura 2 - Fasi principali del processo di creazione del Documento di Valutazione dei Rischi (DVR)

una funzione delle probabilità P e del danno D:

$$R = f(P, D)$$

Nella Tabella 1, a titolo di esempio, è rappresentata una scala qualitativa di valori di rischio e le azioni necessarie per la loro gestione. Appare evidente che l'organizzazione deve essere tesa ad operare in un contesto in cui il rischio tenda a valori bassi/trascurabili.
Pertanto il DL, dopo avere valutato i rischi della propria Azienda, dovrà provvedere all'individuazione di misure di prevenzione e protezione idonee ed efficaci a ridurre i rischi rilevanti. Tali misure possono essere sostanzialmente di tre tipi:

- tecniche, quali confinamenti/schermi, dispositivi di aspirazione, dotazioni ergonomiche, dimensioni e caratteristiche dei luoghi di lavoro, bonifiche, ecc.;
- organizzative, quali accessi/percorsi, segnaletica, programmi formativi ed informativi, pianificazione ed organizzazione delle attività, ecc.;
- procedurali, quali direttive aziendali, procedure specifiche, scelta e modalità di uso dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI), ecc.

Il risultato dell'attività sopra brevemente descritta è raccolto in un documento, richiesto obbligatoriamente dalla legge, denominato Documento di Valutazione dei Rischi (DVR), che dovrà descrivere tutte le fasi del processo con "criteri di semplicità, brevità e comprensibilità in modo da garantirne la completezza e l'idoneità quale strumento operativo di pianificazione degli interventi aziendali e di prevenzione".
Tali criteri sono scelti liberamente dal DL. Nella Figura 2 sono schematicamente riportate le fasi principali del processo. Dall'analisi sopra esposta è necessario sottolineare due aspetti importantissimi per ottenere un'efficace gestione dei processi dal punto di vista della salute e della sicurezza.
Il primo riguarda la primaria esigenza di coinvolgimento di tutte le parti dell'organizzazione per effettuare una valutazione dei rischi coerente con le attività proprie dell'azienda.
Il secondo aspetto da considerare riguarda la iteratività del processo; la gestione della salute e della sicurezza dei lavoratori deve seguire l'evoluzione e lo sviluppo tecnico/organizzativo che le aziende devono praticare per potere mantenere la propria competitività.

4. Modello di Gestione

Come indicato al punto 1, il D.Lgs. 81/08 prevede l'adozione, per la precisione all'Art. 30, di un "modello organizzativo e gestionale" - detto anche semplicemente "modello" - per la definizione e l'attuazione di una politica aziendale per la salute e sicurezza, idoneo anche a prevenire i reati commessi con violazione delle norme antinfortunistiche e sulla tutela della salute sul lavoro (reati citati dagli articoli 589 e 590 del codice penale).
Lo stesso modello può avere anche efficacia esimente della responsabilità amministrativa delle persone giuridiche, delle società e delle associazioni anche prive di personalità

giuridica di cui al decreto legislativo 8 giugno 2001, n. 231. Esso deve comunque assicurare un sistema aziendale per l'adempimento di tutti gli obblighi giuridici relativi ai seguenti aspetti in materia di salute e sicurezza sul luogo di lavoro:

- rispetto degli standard tecnico-strutturali di legge relativi ai luoghi di lavoro;
- valutazione dei rischi, con predisposizione delle relative misure di prevenzione e protezione;
- attività di natura organizzativa (come emergenze, primo soccorso, etc.);
- sorveglianza sanitaria;
- informazione e formazione dei lavoratori;
- vigilanza, con riferimento al rispetto delle procedure e delle istruzioni di lavoro;
- acquisizione di documentazioni e certificazioni obbligatorie di legge;
- verifiche periodiche dell'applicazione e dell'efficacia delle procedure adottate.

Il modello deve altresì prevedere:

- sistemi idonei di registrazione dell'avvenuta effettuazione delle attività di cui ai punti sopra elencati;
- una articolazione di funzioni che assicuri le competenze tecniche e i poteri necessari per la verifica, la valutazione, la gestione ed il controllo dei rischi, nonché un sistema disciplinare idoneo a sanzionare il mancato rispetto delle misure indicate nel modello stesso (per quanto comunque richiesto dalla natura e dimensioni dell'organizzazione e dal tipo di attività svolta);
- un sistema idoneo di controllo sull'attuazione del medesimo modello e sul mantenimento nel tempo delle condizioni di idoneità delle misure adottate;
- un riesame e un'eventuale modifica del modello organizzativo quando siano scoperte violazioni significative delle norme relative alla prevenzione degli infortuni e all'igiene sul lavoro, oppure in occasione di mutamenti nell'organizzazione e nell'attività in relazione al progresso scientifico e tecnologico.

Il comma 5 dell'Art. 30 D.Lgs. 81/08 attribuisce conformità ai requisiti sopra elencati ai modelli aziendali definiti conformemente ai seguenti documenti (che al fuori di questo contesto rimangono di adozione volontaristica):

- UNI-INAIL per un sistema di gestione della salute e sicurezza sul lavoro (SGSL) del 28 settembre 2001,

oppure

- British Standard OHSAS 18001:2007.

Lo stesso comma 5 prevede che ulteriori modelli di organizzazione e gestione aziendale possano essere indicati dall'apposita "Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro" (come prevista all'Art. 6 del D.Lgs. 81/08).

L'adozione del modello di organizzazione e di gestione, come sopra descritto, rientra infine, nelle imprese fino a 50 lavoratori, tra le attività finanziabili ai sensi dell'Art. 11 dello stesso D.Lgs. 81/08.

5. Vigilanza e Sistema Sanzionatorio

I comma 1 e 3 dell'Art. 30 del D.Lgs. 81/08 prescrivono esplicitamente che il "modello organizzativo e gestionale" - trattato al precedente Paragrafo 4 - preveda:

- attività di vigilanza con riferimento al rispetto delle procedure e delle istruzioni di lavoro in sicurezza da parte dei lavoratori,
- un sistema disciplinare idoneo a sanzionare il mancato rispetto delle misure indicate nel modello stesso.

Occorre sottolineare che il Codice Penale stabilisce come principio che "non impedire un evento che si ha l'obbligo giuridico di impedire, equivale a cagionarlo". Sulla base di tale principio la Cassazione ha ripetutamente e costantemente affermato che il comportamento tollerante del Datore di Lavoro - e dei soggetti dallo stesso dipendenti e, comunque, incaricati – che non sanziona i comportamenti illeciti dei dipendenti ingenera negli stessi la convinzione della liceità dei comportamenti: ne consegue che la mancata sanzione nei confronti dei dipendenti in tali casi rende il Datore di Lavoro correo dell'attività illecita che abbia cagionato danni.
Risulta pertanto fondamentale che il modello, o le eventuali procedure in esso richiamate, facciano riferimento a precise disposizioni in materia di vigilanza (per esempio, da parte dei Preposti nei confronti dei lavoratori in merito all'uso dei DPI) e di sanzioni in caso di mancato rispetto di quanto il modello prevede.
Nel nostro Paese, alcune recenti sentenze della magistratura hanno infatti portato alla condanna di Datori di Lavoro che non hanno saputo dimostrare, in sede di giudizio, l'effettuazione di opportune attività di vigilanza o di un efficace sistema sanzionatorio; a fronte di incidenti ai lavoratori, dovuti ad esempio al mancato uso dei DPI correttamente prescritti, ed ai presunti richiami da parte dei Preposti, nulla è infatti risultato agli atti in merito, in alcuni casi, alla effettiva attività di vigilanza, in altri casi, alla registrazione di richiami o altre sanzioni più gravi a carico dei lavoratori medesimi: la sentenza del giudice è stata quindi avversa al Datore di lavoro, in virtù delle mancanze di cui ai sopra citati commi 1 e 3 dell'Art. 30 del D.Lgs. 81/08.
L'azienda dovrà quindi dotarsi, anche in materia di igiene, salute e sicurezza sul lavoro, di un codice disciplinare, richiedendo ai dipendenti di ogni ordine e grado la precisa, puntuale e rigorosa osservanza delle norme di prevenzione e sicurezza specificatamente definite. Le sanzioni dovranno

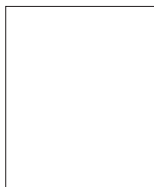
essere applicate tenendo conto del grado della colpa o dell'intensità del dolo, dell'entità del danno che è stato cagionato o che potrebbe essere causato, dall'esistenza di precedenti sanzioni, specie se dello stesso tipo. Si dovrà tenere conto anche della posizione gerarchica dell'autore dell'illecito, nel senso che tanto è maggiore e più elevata, tanto più pesante sarà la sanzione. In generale a titolo esemplificativo e meramente indicativo, la tipologia delle sanzioni può riguardare il rimprovero verbale e scritto, la multa, la sospensione dal lavoro e del lavoro, fino ad arrivare in casi di gravi inadempienze per sé e per gli altri al licenziamento. Si richiama infine al fatto che la funzione "repressiva" delle sanzioni ha efficacia anche preventiva, perché la consapevolezza che tutti i comportamenti illeciti vengono normalmente e di regola puniti costituisce un incentivo ad evitare la commissione di illeciti.

6. Conclusioni

Il tema della salute e della sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro deve essere studiato e gestito impiegando modelli già studiati per la qualità, quali ad esempio il noto ciclo di Deming (ciclo di PDCA - plan–do–check–act), per promuovere in modo capillare nell'organizzazione una cultura della sicurezza che è tesa al miglioramento continuo dei processi aziendali e all'utilizzo ottimale delle risorse, dove le quattro fasi di analisi e pianificazione, esecuzione dei programmi definiti di formazione ed informazione, verifica e controllo ed azione per rendere definitivo e/o migliore il processo devono ruotare costantemente. Peraltro l'adozione di opportuni modelli di organizzazione aziendale, come quelli – di carattere volontaristico – definiti dalle Linee Guida UNI-INAIL del 28 settembre 2001 o dalla norma BS OHSAS 18001:2007, garantiscono al Datore di Lavoro la conformità ai requisiti di cui all'Art 30 del D.Lgs. 81/08.
Per quanto riguarda, in particolare, la norma BS OHSAS 18001, la sua efficace adozione può comportare anche:

- una effettiva riduzione degli infortuni e degli incidenti;
- vantaggi economici (legati, per esempio, alla riduzione di perdite di produzione, di penalità per ritardata consegna prodotti/servizi, di danni ad attrezzature ed impianti);
- l'integrazione con altri sistemi di gestione già adottati, come quelli riferiti alla qualità (ISO 9001) ed all'ambiente (ISO 14001).

A livello internazionale, la BS OHSAS 18001 risulta effettivamente adottata su larga scala; inoltre, per accrescere il valore e la credibilità della sua adozione, il Datore di Lavoro può richiedere la certificazione di conformità del sistema di gestione predisposto, da parte di un organismo di certificazione Terzo.

Luca TIMOSSI, laureato in Ingegneria Meccanica presso l'Università di Genova nel 1986, è stato dipendente dell'Istituto Italiano della Saldatura - Ente Morale dal 1987 fino al 2010. Attualmente è Direttore Generale di IIS CERT, la società del Gruppo IIS costituita nel 2011 che svolge attività di certificazione di personale, processi, prodotti e sistemi di gestione aziendale, nel campo della saldatura e delle tecniche affini.

Paolo PICOLLO

Corso di Qualificazione ad International Welding Technologist (IWT), International Welding Engineer (IWE)

Genova 2013

L'IIS terrà presso la propria Sede di Genova, nel 2013, il proprio tradizionale **Corso di Qualificazione per International Welding Engineer / Technologist**, con struttura modulare, condensando le lezioni nell'arco di una settimana al mese. La formula ha riscosso nel tempo il gradimento del pubblico, poiché consente di limitare l'impegno mensile garantendo, al tempo stesso, condizioni ideali all'apprendimento. Tra gli elementi caratterizzanti la proposta formativa di IIS è da segnalarsi la completezza del materiale didattico che comprende la collana completa delle dispense, interamente a colori, la raccolta completa di oltre 300 norme europee relative alla saldatura (ed alle materie ad essa correlate) in un CD appositamente creato in collaborazione con l'UNI e il calibro IIS di tipo "Bridge cam", utile strumento di lavoro per lo svolgimento dell'attività del Coordinatore di saldatura.

Requisiti di ingresso

Per chi desideri accedere alla qualificazione ad:

- **International / European Welding Technologist**, è previsto il possesso di un diploma di scuola superiore ad indirizzo tecnico (o equivalente), della durata di 5 anni;
- **International / European Welding Engineer**, laurea o diploma universitario in Ingegneria; in alternativa laurea in altre facoltà scientifiche, abbinata ad una comprovata esperienza di saldatura.

Sono ammessi alle lezioni, in qualità di uditori, anche persone non in possesso dei titoli suddetti.

Calendario delle lezioni e sede di svolgimento

Il Corso prevede quattro materie di tipo teorico (svolte nelle Parti 1 e 3) ed una fase dedicata all'addestramento pratico (Parte 2). Le lezioni saranno svolte a tempo pieno durante una settimana per ciascuno dei mesi riportati di seguito:

- **Parte 1 e 2 (Corso di Specializzazione in saldatura):**
  Gennaio, Febbraio, Marzo e Aprile 2013
- **Parte 3 (Moduli Avanzati):**
  Modulo Avanzato "Tecnologia della Saldatura": Maggio 2013
  Modulo Avanzato "Metallurgia e Saldabilità": Giugno 2013
  Modulo Avanzato "Progettazione e calcolo": Settembre 2013
  Modulo Avanzato "Fabbricazione, aspetti applicativi": Ottobre e Novembre 2013

I Moduli integrativi per i soli **Welding Engineer** saranno tenuti nei mesi di Luglio 2013 (Metallurgia, Tecnologia della Saldatura) e Dicembre 2013 (Progettazione e Calcolo, Fabbricazione).

Orario delle lezioni

Per offrire un'alternativa alla tradizionale articolazione delle lezioni a coloro che preferiscano concentrare l'impegno in settimane non consecutive, a tempo pieno, il Corso sarà svolto con orario 9:00 ÷ 18:00, ad eccezione delle giornate di lunedì (orario 14:00 ÷ 18:00) e di venerdì (orario 9:00 ÷ 13:00), per consentire agli allievi di raggiungere la sede del Corso senza spostamenti festivi.

Iscrizioni

Le iscrizioni dovranno pervenire entro **lunedì 14 Gennaio 2013**.
Dato il limitato numero di posti, costituirà criterio preferenziale la data di iscrizione.
Il modulo d'iscrizione può essere richiesto direttamente alla Divisione Formazione dell'IIS oppure scaricandolo dal sito www.formazionesaldatura.it.

Quote di iscrizione

La quota di partecipazione al Corso, comprensiva del pranzo presso la mensa dell'IIS e della collana completa delle pubblicazioni è pari a:

- 6.900,00 €, per Welding Technologist;
- 9.400,00 €, per Welding Engineer.

da corrispondersi mediante bonifico bancario sul conto corrente Banca di Legnano - Gruppo Banca Popolare Milano, IBAN IT86W0320401400000000064500, intestato all'Istituto Italiano della Saldatura. Si segnala che questi corsi sono svolti in **regime di esenzione IVA** (Rif. punto 20, Art. 10 del DPR 633/1972).

Informazioni

Per ulteriori informazioni è possibile rivolgersi all'**Istituto Italiano della Saldatura**:
Via Lungobisagno Istria 15, 16141 Genova - Divisione Formazione
Tel. 010 83 41 371; Fax 010 83 67 780, www.formazionesaldatura.it; formazione@iis.it

Soundness diagnosis of a steel bridge pier repaired by heating/pressing (°)

M. Hirohata *
T. Morimoto *
Y.-C. Kim **

Summary / Sommario

In order to diagnose the soundness of a steel bridge pier, repaired by heating/pressing, a series of experiments and analyses were conducted. A virgin specimen was first locally buckled by cyclic bending loads and subsequently corrected by heating/pressing. The corrected specimen was again subjected to the same loading experiment as the virgin specimen. In addition, loading experiments were simulated by elastic-plastic large deformation analysis. It was confirmed that heating temperatures should be kept below the A_1 transformation temperature (around 700 °C within the general structural steel) to prevent changes to its mechanical properties. It was ideal for the imperfection, which was the residual deformation in the panel, to be controlled within the acceptance of the initial deflection. Further, it was found that correcting the residual deformation opposite the mode of local buckling of the panel was an effective method for maintaining the maximum strength of the repaired pier, equivalent to that of the virgin specimen.

Al fine di verificare la solidità strutturale di una pila in acciaio di un ponte, riparata mediante riscaldamento/pressione, sono stati effettuati esperimenti ed analisi. Un provino ha subito inizialmente una deformazione locale dovuta a carichi ciclici di flessione e successivamente è stato sottoposto a riscaldamento/pressione. Lo stesso provino è stato nuovamente sottoposto agli stessi carichi iniziali. Inoltre, queste sollecitazioni sono state simulate mediante un modello di analisi elasto-plastica per grandi deformazioni. È stato confermato che la temperatura di riscaldamento dovrebbe essere mantenuta al di sotto della temperatura di trasformazione A_1 (circa 700 °C per acciai strutturali) per evitare variazioni delle proprietà meccaniche. Sarebbe ideale che l'imperfezione, intesa come deformazione residua del pannello, fosse mantenuta all'interno dei criteri di accettabilità della deflessione iniziale. Inoltre, è stato provato che correggere la deformazione residua in maniera opposta alla deformazione locale del pannello, sia un metodo efficace per mantenere la resistenza massima della pila riparata equivalente a quella del provino vergine.

IIW Thesaurus Keywords:

Bridges; buckling; defects; deformation; distortion; earthquakes; elastoplastic analysis; fatigue loading; finite element analysis; heating; local effects; mechanical properties; repair; simulating; steel construction; temperature; thickness; transition temperature.

1. Introduction

Correcting welding distortions of steel members and forming various shapes through heating/pressing have been widely used in the manufacture of steel structures. Accordingly, they have also been used for on site repair of damaged steel structural members, caused by local buckling by fire, traffic accidents and earthquakes [1]. Although heating/pressing has been shown to be an effective and important process in the manufacture and repair of steel structures, the effects on the soundness of steel structures by correction through the heating/pressing process has not been thoroughly explicated. In order to illustrate the effects of correction of local buckling parts by heating/pressing on steel structural members and to diagnose its soundness, a series of experiments and analyses were carried

(°) *Doc. IIW-2140, Recommended for Publication by Commission XV "Design, Analysis and Fabrication of Welded Structures."*

* *Joining and Welding Research Institute, Osaka University, Osaka (Japan).*

** *Nippon Steel Engineering Co., Ltd., Chiba (Japan).*

TABLE 1 - Chemical composition and mechanical properties

Chemical composition [mass %]					Charpy absorbed energy	Mechanical properties		
C	Si	Mn	P	S	> 27 J (0 °C)	σ_y/ (nominal) [MPa]	σ_υ/ (nominal) [MPa]	ε [%]
x 100			x 1000					
20	55	160	35	35		391 (325)	533 (490)	18.6

TABLE 2 – Structural parameters

Slenderness parameter	Width-thickness ratio parameter		
Column λ	Stiffened plate R_F	Part between stiffeners R_R	Stiffener R_s
0.27	0.74	0.74	0.41

out. A steel bridge pier was selected as the test specimen, due to the fact that many locally-buckled steel bridge piers which were previously affected by earthquakes have been successfully corrected by heating/pressing [1].
At first, the experiment for the virgin specimen was conducted, considering the loading conditions of an earthquake, in order to generate local buckling deformation in the specimen. Next, this deformation was corrected by heating/pressing. The same loading experiment was then carried out on the corrected specimen and the results were compared with that of the original virgin specimen. Loading experiments were then simulated by elastic-plastic large deformation analysis. Based on the results, the effect of the correction by heating/pressing on the behaviour of the steel bridge pier and its soundness are illustrated below.

2. Behaviour of a virgin steel bridge pier

The loading experiment on the virgin specimen was conducted to generate local buckling deformations within the specimen. The experiment was simulated by the elastic-plastic large deformation analysis in verifying the validity of the analysis. Below are the data results for the behaviour of the virgin steel bridge pier.

2.1 Specimen

The shape and dimensions of the specimen are shown in Figure 1. The material is SM490B. The chemical composition and mechanical properties of the material are shown in Table 1. The thickness is 6 mm. The specimen was modelled on a steel bridge pier. The structural parameters are shown in Table 2. There were two specimens (A and B) and slenderness parameters were calculated as Equation (1) and Equation (2), respectively.

$$\lambda = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}}\left(\frac{2h}{\sqrt{I/A}}\right) \quad (1)$$

$$R = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{k}}\sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}}\frac{b}{t} \quad (2)$$

where
σ_Y is the nominal yield stress (325 MPa),
E is the elasticity modulus (200 GPa) and
ν is the Poisson's ratio (0.3).
h is the height of the pier (2 650 mm).
I is the moment of inertia (1.04×10^9 mm^4) and
A is the area of cross-section (16728 mm^2).
The width-thickness ratio parameters, R, are calculated in a stiffened plate (R_F), a part between stiffener (R_R) and a stiffener (R_S). Each breadth of plate, b, is 209, 627 and 38 mm, respectively. The thickness, t, is 6 mm. Buckling

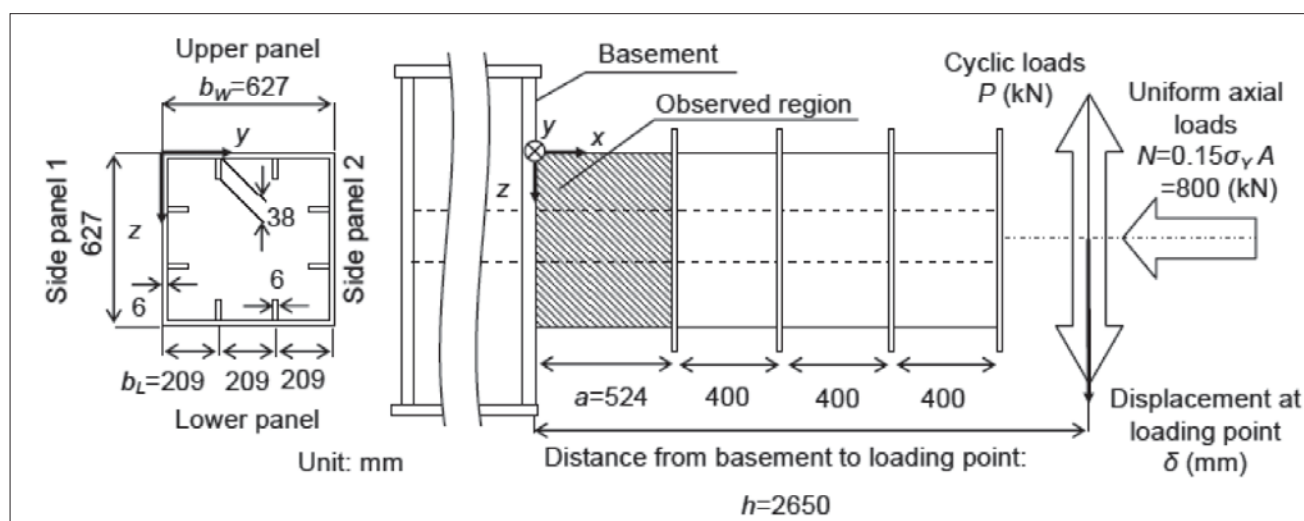



Figure 1 – Shape and dimensions of the specimen

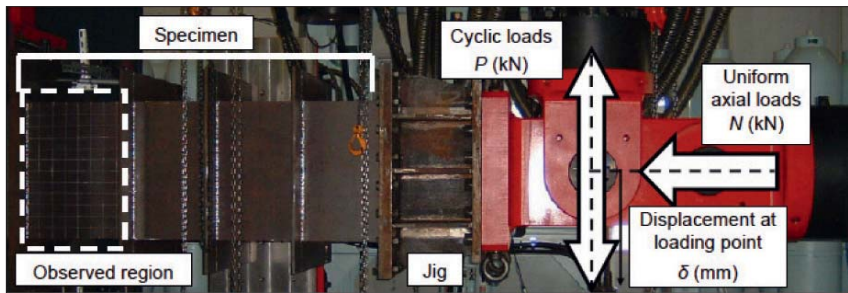



Figure 2 – Appearance of the loading experiment

Figure 3 – Loading pattern

factor, k, depends on the support conditions of the panels. In this study, k = 4.0 for R_F (a stiffened plate) and R_R (a part between stiffeners), and k = 0.425 for R_S (a stiffener) [2].

The diaphragms (thickness: 16 mm) were attached on the outside of the specimen which took into consideration the feasibility of the correction.

The absolute value of the initial deflection in the out-of-plane direction of the panels and the stiffeners in the observed region (0 ≤ x ≤ 524 [mm]) was about 1 mm.

Figure 4 – Model for analysis

2.2 *Loading experiment for the virgin specimen*

The experiment which considered the loading conditions of an earthquake was carried out on the virgin specimen appearance of the experiment.

Under the uniform axial load corresponding to the dead load of the superstructure, the cyclic load by displacement control was applied to the specimen.

The axial load was 15% of the nominal yield axial force ($N = 0.15\ \sigma_{YN} A$). Figure 3 illustrates the loading pattern. The cyclic load was gradually increased by the integral multiple of the nominal yield displacement (σ_{YN}) at the loading point which was calculated by Equations (3), (4).

$$\delta_{YN} = \frac{P_{YN} h^3}{3EI} \tag{3}$$

$$P_{YN} = \left(\sigma_Y - \frac{N}{A}\right)\frac{Z}{h} \tag{4}$$

where

σ_Y is the nominal yield stress (325 MPa) and

E is the elasticity modulus (200 GPa).

h is the height of the pier (2650 mm).

I is the moment of inertia (1.04×10^9 mm^4),

A is the area of cross-section (16728 mm^2) and

Z is the section modulus (3.33×10^6 mm^3).

In this specimen, σ_{YN} is 9.6 mm.

The experiment was completed at the cycle in which the decrease of the load was confirmed.

2.3 *Simulation by elastic-plastic large deformation analysis*

The loading experiment was simulated by elastic-plastic large deformation analysis based on FEM [3]. Figure 4 displays the analysis model.

The shell elements with four nodes were used in the analysis.

The elements were then divided into ten layers, arranged according to their thickness.

Figure 5 – Relation between stress and strain

Figure 6 – Shape of initial deflection

The uniform axial loads were then applied on the rigid elements of the top of the pier by load control. The gradually-increasing cyclic loads were applied by displacement control.
The boundary condition was determined so that the initial gradient of the relation between load and displacement obtained by the analysis complied with that obtained by the experiment.
The solid line in Figure 5 shows the relationship between stress and strain used in the analysis, based on the results of the tensile test for the material (the symbol °). The bi-linear stress-strain curve based on the kinematic hardening rule was used.
Based on the results of the tensile test, the yield stress, σ_Y, was decided as 391 MPa, and the work-hardening coefficient, H, was decided as E/100 (E is the elasticity modulus; 200 GPa).
The initial deflection is given by Equation (5) and shown in Figure 6.
This was symmetrically applied to the four panels in the observed region.
(5)

$$w = A_W \sin\frac{\pi x}{a}\sin\frac{\pi y}{b_W} + A_L \sin\frac{\pi x}{a}\sin\frac{3\pi y}{b_W}$$

where
A_W is the acceptance of the initial deflection for a stiffened plate (bW/1 000).
A_L is the plate between two stiffeners (b_L/150) [2]. The distribution of

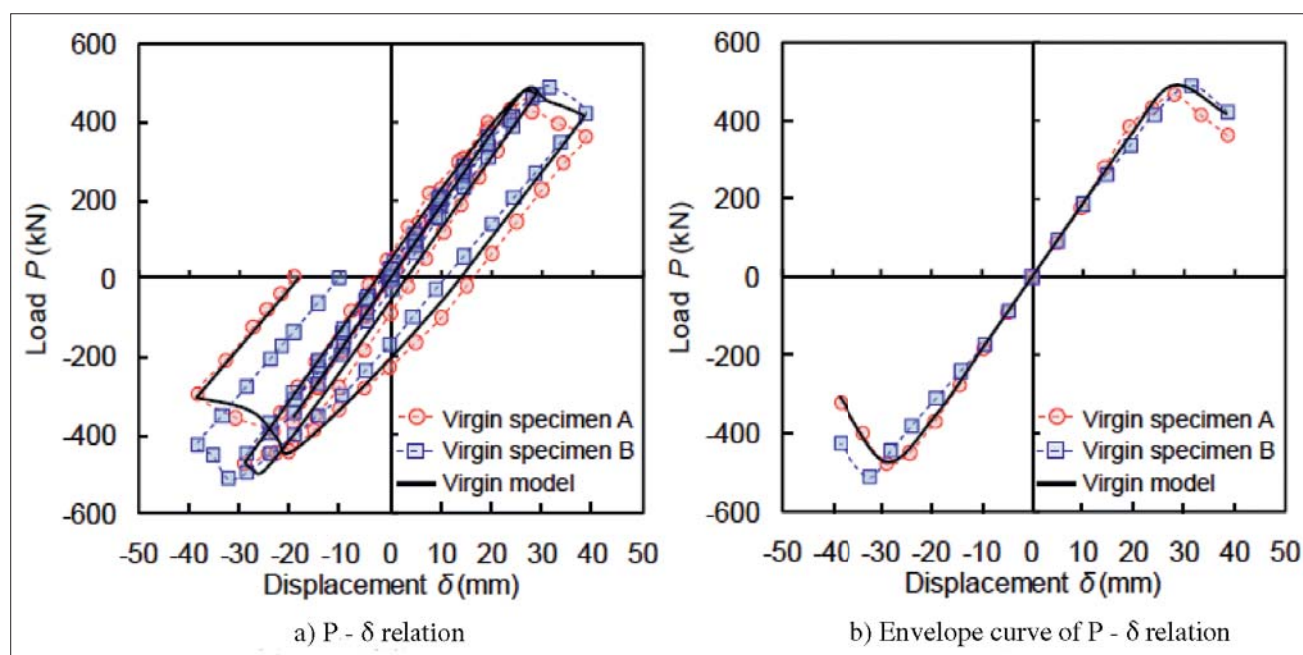



Figure 7 – P – δ relation and its envelope curve (virgin specimens and virgin model)

TABLE 3 – Results from experiment and analysis in virgin situation

		Experiment		Analysis
		Specimen A	Specimen B	Virgin model
P_{max}	Positive	463.8	488.9	470.8
	Negative	476.8	511.6	488.6
	Average	470.3	500.3	479.7
δ_m	Positive	28.2	31.5	27.9
	Negative	28.8	32.2	28.8
	Average	28.5	31.9	28.4

the welding residual stress may change in complexity due to loading and by correction through heating/pressing. It was estimated that the distribution of the residual stress varied greatly, depending on the degree of local buckling and its correction. Nevertheless the generality of the results of the analysis obtained by considering the residual stress was unknown.Therefore, the residual stress was not considered in the analysis of the models for the virgin specimen and also of the specimen corrected by heating/pressing.

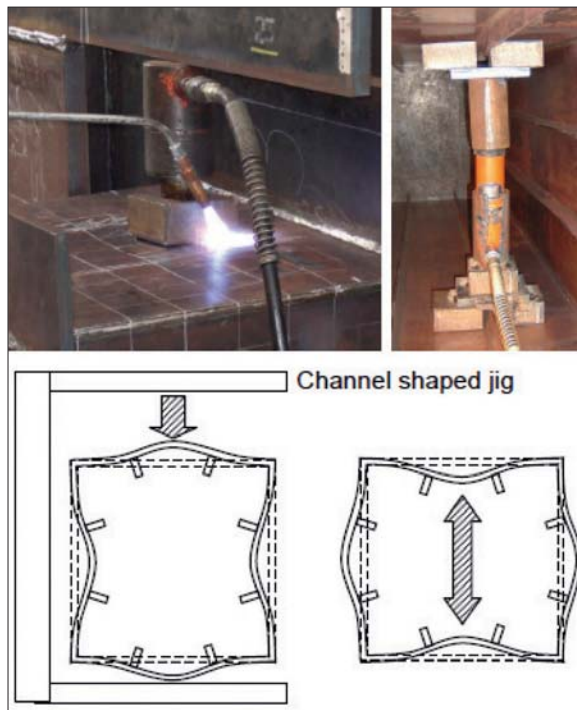



Figure 9 – Appearance of correction by heating/pressing

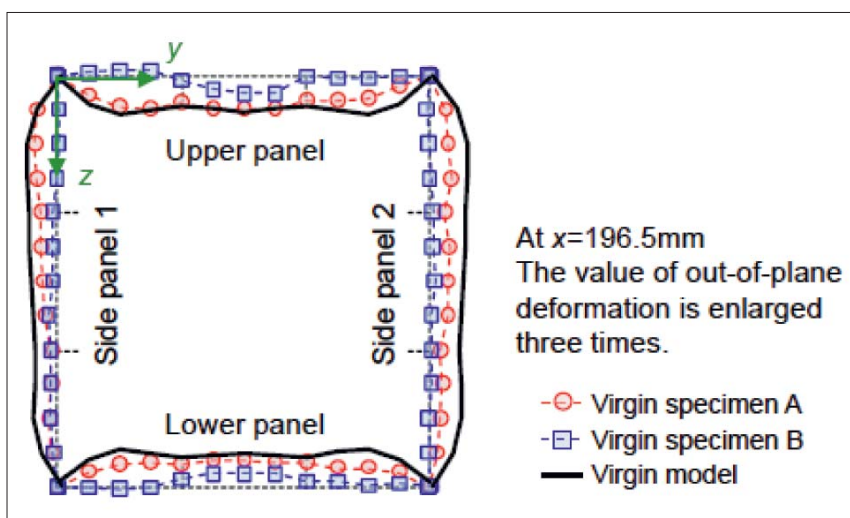



Figure 8 – Mode of out-of-plane deformation (virgin specimens and virgin model)

The model corresponding to the virgin specimen is defined as the virgin model.

2.4 Results from experiment and analysis

Figure 7 shows the relationship between the applied cyclic load, P, and the displacement at the loaded point, δ [Figure 7 a)], and its envelope curve [Figure 7 b)] obtained by experiment and analysis. The results obtained by experiment and analysis are summarized in Table 3. P_{max} means the maximum strength and δ_m corresponds to the displacement at that time. In the case of virgin Specimen A (the red symbol), the maximum strength was confirmed at the unloading point in the third cycle.

The load decreased during the fourth cycle. On the other hand, in the case of virgin Specimen B (the blue symbol), the maximum strength was confirmed during the fourth cycle. The load decreased during the same cycle.

No cracks could be observed in any welds during the experiments on virgin Specimens A and B. The behaviour of the virgin model obtained by the analysis (the solid line) substantially agreed with those of virgin Specimens A and B. Figure 8 shows the mode of the out-of-plane deformation at the section of x = 196.5 [mm], at which the magnitude of the out-of-plane deformation is the maximum.

Due to the cyclic bending loads, the upper and lower panels which crossed at right angles to the direction of the loads deformed concavely to the cross-section of the specimen.

On the other hand, the side panels which were parallel to the direction of the loads deformed convexly to the cross-section of the specimen.

The large out-of-plane deformation occurred in the region of $100 \leq x \leq 300$ [mm], (i.e. the distance from the basement was from 100 to 300 mm.)

The maximum value of the out-of-plane deformation was about 15 mm. With regard to the out-of-plane deformation of the stiffeners, that of Specimen A was 3-8 mm, and that of Specimen B was 1-2 mm.

The mode of the out-of-plane defor-

TABLE 4 – Results from experiments and analyses after correction by heating/pressing

		Experiment		Analysis	
		Specimen A	Specimen B	Corrected Model A	Corrected Model B
P_{max}	Positive	360.8	513.3	406.4	482.0
	Negative	362.1	476.4	416.8	464.1
	Average	361.5	494.9	411.6	473.1
δ_m	Positive	28.2	33.2	28.8	28.3
	Negative	28.6	29.1	21.8	26.7
	Average	28.4	31.2	25.3	27.5

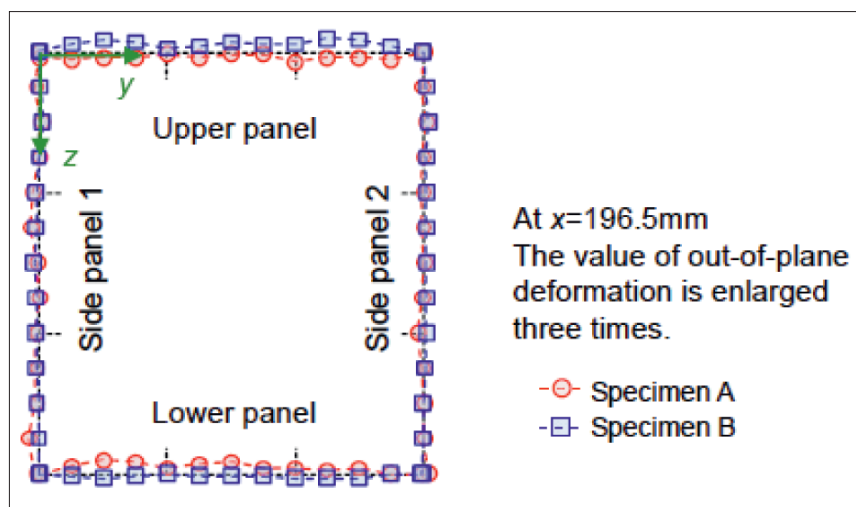



Figure 10 – Residual imperfection

mation of the virgin model obtained by the analysis (the solid line) agreed relatively with those of virgin Specimens A and B.

From these results, the behaviour of the virgin specimen was clearly explicated and the validity of the analysis program was verified.

3. Behaviour of a steel bridge pier corrected by heating/pressing

Here, the out-of-plane deformation generated by the loading experiment was corrected by heating/pressing.

Afterwards, the same loading experiment as for the virgin situation was performed on the corrected specimen.

Once again, the experiment was simulated by the elastic-plastic large deformation analysis. Based on the results, the behaviour of the corrected specimen was elucidated.

3.1 Correction by heating/pressing and the loading experiment for the corrected specimen

The out-of-plane deformation generated by the loading experiment was corrected by heating with a gas burner and pressing with a jack.

Figure 9 illustrates the appearance of the correction by the heating/pressing method. Correction by heating/pressing on site was commonly performed without dismantling the structures and reducing the dead load of the superstructures by setting the supports underneath [1]. In this research, the correction by heating/pressing was performed in consideration of this condition on site. The heating temperature was kept at 550-650 °C, which was below the A transformation temperature (around 700 °C within the general structural steel), in order to avoid changing the mechanical properties of the steel. The heating temperature was controlled with a surface temperature indicator. When pressing on the out-of-plane deformation convex to the cross-section of the specimen, a channel-shaped jig was used to receive the reaction force.

When pressing on the out-of-plane deformation concave to the cross-section of the specimen, the facing panel received the reaction force. If the out-of-plane deformation was forcibly corrected, there was a risk of cracking in the welds. Therefore, some deformation inevitably remained.

This was identified as the residual imperfection. The residual imperfection is presented in Figure 10. The maximum value of the out-of-plane residual imperfection in the panels was about 7 mm in Specimens A and B.

This was about five times as large as the acceptance of the initial deflection ($b_L/150$ = 1.4 mm) [2].

The mode of the residual imperfection of Specimen A was the same as that of the local buckling generated in the first loading experiment, i.e. the upper and lower panels were concave while the side panels were convex to the cross-section of the specimen. It was estimated that the maximum strength greatly decreased after the correction of Specimen A in the experiment, compared with that of virgin Specimen A, due to the mode of the residual imperfection.

Therefore, in the correction of Specimen B, water cooling was used in order to make the residual imperfection as small as possible.

Moreover, the upper and lower panels were pressed rather excessively, so as to situate the mode opposite to that of the local buckling.

The concave out-of-plane deformations of the upper and lower panels were made to be convex to the cross-section of the specimen.

It was expected that the mode opposite to that of the local buckling would resist the deformation, due to the load in the experiment after the correction.

Specimens A and B could be corrected by heating/pressing without cracking in the welds. The same loading experiment as for the virgin situation was conducted on both corrected specimens.

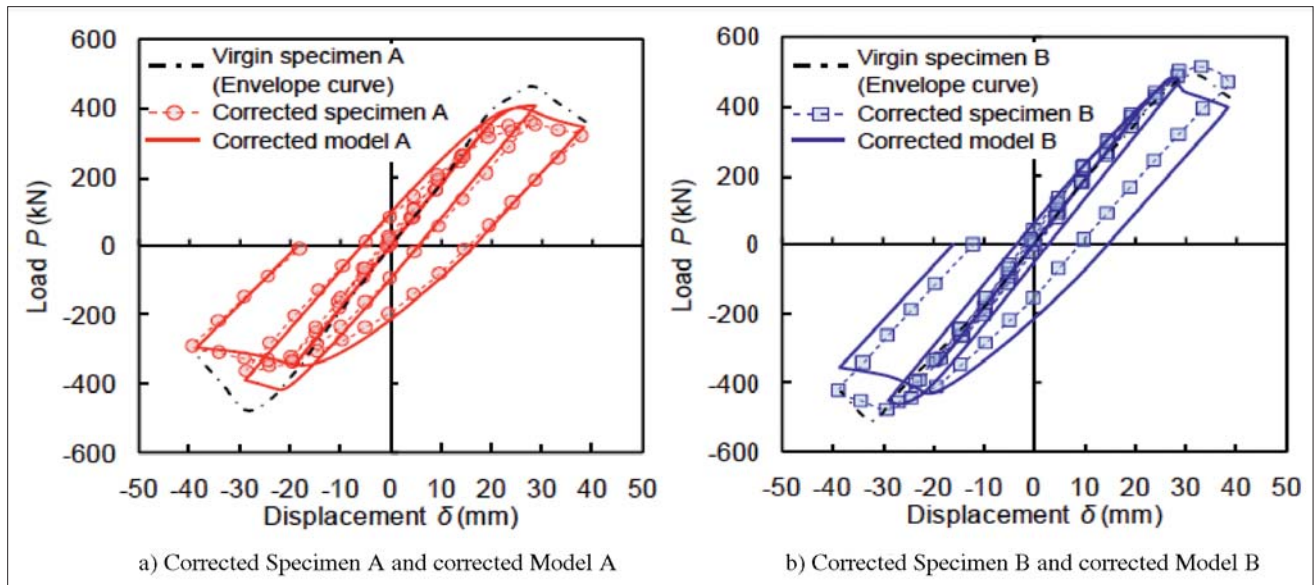



Figure 11 – P – δ relation and its envelope curve (corrected specimens and corrected model)

3.2 Simulation by elastic-plastic large deformation analysis

The loading experiment on the specimen corrected by heating/pressing was simulated by the elastic-plastic large deformation analysis. It was probable that there were some factors affecting the behaviour of the specimen corrected by heating/ pressing. Firstly, the residual imperfection was noted as it corresponded to the initial deflection of the specimen corrected by heating/ pressing. Further, the magnitude of the residual imperfection was about five times greater than the acceptance of the initial deflection of the virgin specimen. It was obvious that the behaviour of the specimen corrected by heating/pressing was much affected by the residual imperfection.

Therefore, the shapes of the residual imperfection of the corrected Specimens A and B were used as the initial coordinates of the nodal points in the analysis.

Secondly, the relationship between stress and strain of the material was noted. Due to the loading of the experiment in the virgin situation and the correction by heating/pressing, the yield stress in the region in which the plastic deformation occurred was changed by work hardening. From the results of the compressive experiments and analyses on the small specimens, it was acknowledged that the change of the yield stress only affected its behaviour after the ultimate situation of the specimen under compressive loads [3, 4]. From the viewpoint of repair, the change of the yield stress due to the plastic deformation was not considered because the behaviour of the specimen up to the ultimate situation was noted in this research.

Therefore, the same stress-strain curve as that of the virgin model was used in the analysis. The residual stress was not considered in the analysis as described before.

The models corresponding to the specimens corrected by heating/pressing are defined as the corrected models.

3.3 Results from experiment and analysis

Figure 11 shows the relationship between the applied cyclic load, P, and the displacement at the loaded point, δ, obtained from the experiments and analyses. The chain lines in the figures show the envelope curves of the relationship between load and displacement of the virgin specimens.

The results obtained from the experiments and analyses are summarized in Table 4. In the case of corrected Specimen A (the red symbol), the maximum strength was confirmed at the unloading point in the third cycle. The load decreased during the fourth cycle, which was the same as in the case of virgin Specimen A.

The maximum strength of corrected Specimen A was 20% lower than that of virgin Specimen A. In the case of corrected Specimen B (the blue symbol), the maximum strength was confirmed during the fourth cycle. The load decreased during the same cycle which was similar to that of virgin Specimen B.

The maximum strength and the displacement at that time was almost the same as for virgin Specimen B. After the experiment, no cracks could be observed in the welds in corrected Specimens A and B.

The results indicated that the mechanical properties of the steel never deteriorated by heating/cooling, provided that the heating temperature was kept below the A_1 transformation temperature. The behaviour of corrected Models A and B, determined by the analyses (the solid lines), agreed approximately with that of corrected Specimens A and B. As for the virgin specimen, the corrected specimen's large out-of-plane deformation occurred within the same region of 100 ≤ x ≤ 300 [mm] (distance from the basement being from 100 to 300 mm). In the case of corrected Specimen A and corrected

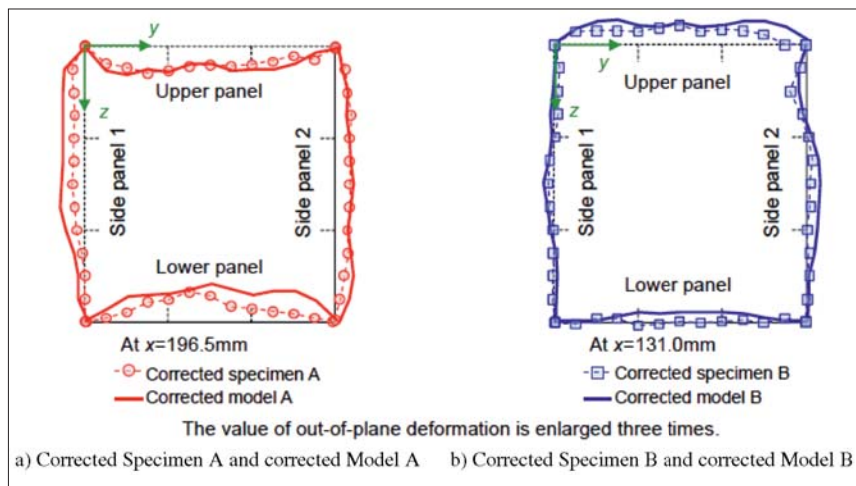



Figure 12 – Model of out-of-plane deformation

Model A, the magnitude of the out-of-plane deformation was at its maximum at the section of x = 196.5 mm.
Conversely, in corrected Specimen B and corrected Model B, the magnitude of the out-of-plane deformation at its maximum at the section of x = 131.0 mm. Figure 12 shows the mode of the out-of-plane deformation obtained by the experiments and analyses (Specimen A and Model A; x = 196.5 mm, Specimen B and Model B; x = 131.0 mm).
In the case of corrected Specimen A, the upper and lower panels were concave and the side panels were convex to the cross-section of the specimen, which was the same as in the case of virgin Specimen A. Alternatively, the mode of the out-of-plane deformation of corrected Specimen B differed from that of virgin Specimen B. Further, the upper panel of virgin Specimen B was concave, which was in direct contrast to that of corrected Specimen B's upper panel which was convex to the cross-section of the specimen.
However, the modes of the out-of-plane deformation of the lower and side panels were relatively the same as those of virgin Specimen B.
Consequently, the modes of the out-of-plane deformation of corrected Models A and B obtained by the analyses (solid lines) had approximately matched those of corrected Specimens A and B. In the case of both corrected Models A and B, the results of the experiments could be simulated by the analyses. The behaviours of the corrected specimens could be simulated by only considering the residual imperfections, and without considering the change of yield stress due to plastic deformation and residual stress. The results indicate that the residual imperfection dominated the behaviour of the corrected specimen.

4. Effects of residual imperfection on maximum strength of a steel bridge pier corrected by heating/pressing

In the case of corrected Specimen A, of which the mode of the residual imperfection was the same as that of the local buckling, the maximum strength was 20% lower than that of virgin Specimen A. In contrast, in the case of corrected Specimen B, of which the mode of the residual imperfection was made to be opposite to that of the local buckling, the maximum strength was not lower than that of virgin Specimen B. These results indicate that the residual imperfection largely affected the maximum strength of the corrected specimen. In order to elucidate the effects of the residual imperfection on the maximum strength of the corrected specimens, the progress of the plastic regions of the virgin and corrected

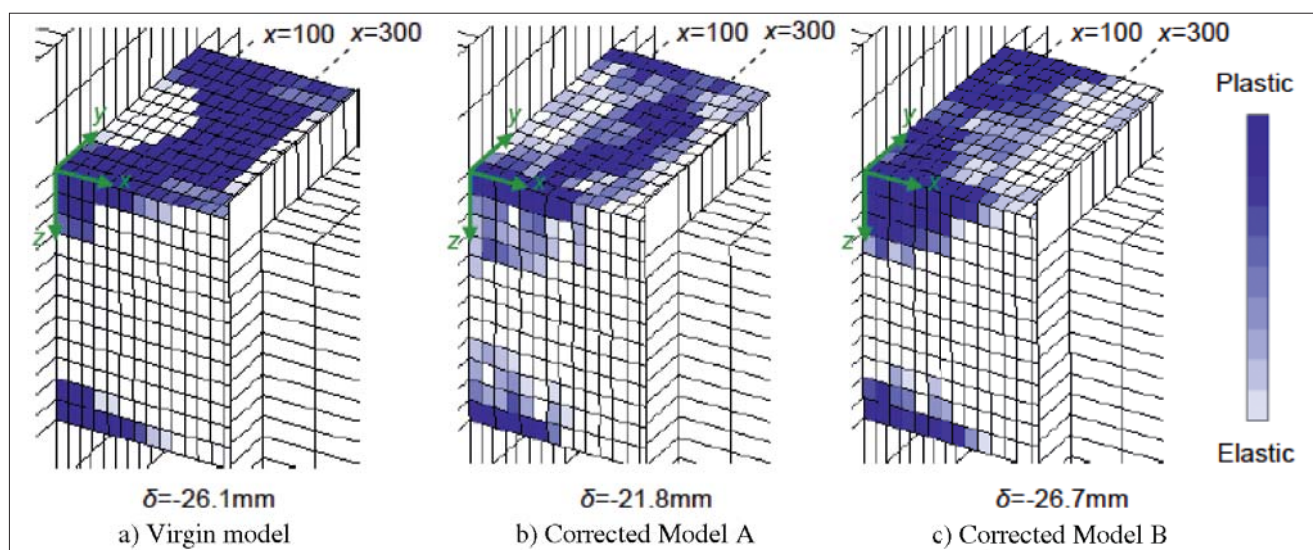



Figure 13 – Plastic region at maximum strength

models was noted. Figure 13 shows the plastic regions of the virgin model and corrected Models A and B where the maximum strength occurred. The direction of the load was negative when compressive stress was applied to the upper panel. The intensity of colour of the element indicated the degree of the progress of the plastic zone in the direction of the thickness.

With respect to the virgin model and corrected Model A [Figures 13 a) and b)], the plastic zone largely spread in the region of $100 \leq x \leq 300$ [mm], which was the distance from the basement that ranged from 100 to 300 mm. Conversely, in the case of corrected Model B [Figure 13 c)], the plastic zone spread from the region near the basement where the maximum bending was applied due to loading. As a result, the maximum strength occurred when the plastic zone spread within the region of $100 \leq x \leq 300$ [mm].

In all models, the plastic zone largely spread in the region of $100 \leq x \leq 300$ [mm]. Here, the ratio of the number of integration points in the plastic state under loading to the total number of integration points was defined as the plastic ratio. Figure 14 illustrates the transition of the plastic ratio of each model. In the case of the virgin model, the plastic ratio largely increased after the displacement, δ was at -20 mm.

When the displacement, δ was -26.1 mm, the maximum strength occurred. The plastic ratio was about 0.7 at the time. In the case of corrected Model A, the plastic ratio largely increased after the displacement, δ was -10 mm. When the displacement, δ was at -21.8 mm, the maximum strength occurred. The mode of the residual imperfection was the same as that of the local buckling and the magnitude of the residual imperfection was about five times as large as the acceptance of the initial deflection. Therefore, as greater stress was applied on the panels, the plastic zone progressed sooner when compared to that of the virgin model. As a result, the maximum strength of corrected Model A significantly decreased compared with that of the virgin model. Plastic ratio was around 0.7 when the maximum strength occurred. This was the same as in the case of the virgin model. In the case of corrected Specimen B, because the mode of the residual imperfection was opposite to that of the local buckling, the stress applied

Figure 14 – Transition of plastic ratio ($100 \leq x \leq 300$)

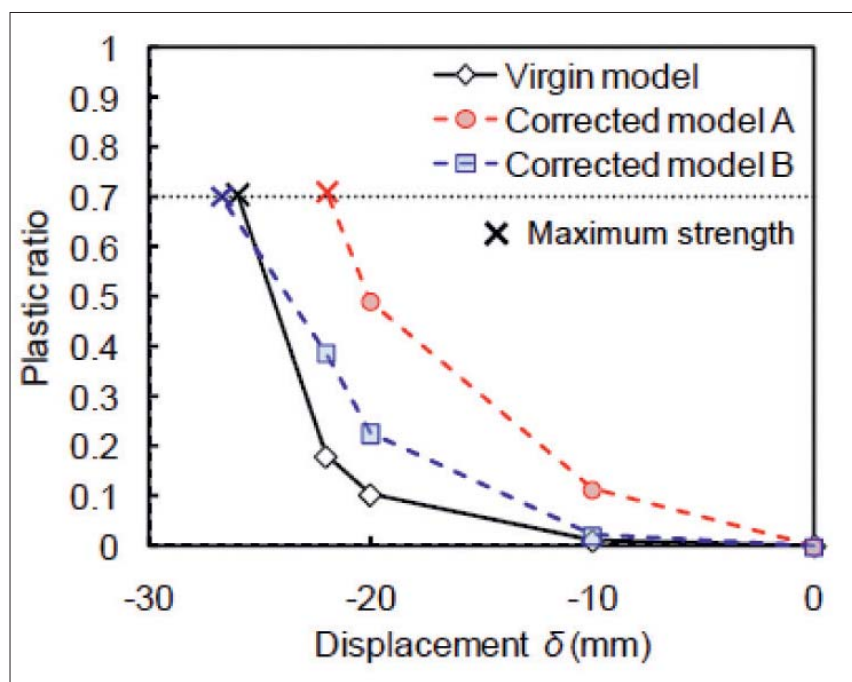
in the region of $100 \leq x \leq 300$ [mm] was smaller in comparison with the virgin model and corrected Model A. Although the plastic zone spread from the region near the basement, the deformation in this region was restrained by the basement. Therefore, load increased until the plastic ratio reached to around 0.7. As a result, it was estimated that the maximum strength of corrected Model B was nearly the same as that of the virgin model. In any case, it was found that the maximum strength of the pier was decided by the degree of the plastic zone in the particular region. In the case of the pier in this study:

1. The region was $100 \leq x \leq 300$ [mm] (distance from the basement was from 100 to 300 mm).
2. The plastic ratio in the region was about 0.7.

The results of the experiments and analyses indicate that correcting the out-of-plane deformation opposite to the mode of the local buckling of the panel was effective for keeping the maximum strength of the repaired pier the same as that of the virgin pier.

It is ideal for the residual imperfection to be controlled within the acceptance of the initial deflection. However, if this proves difficult, there is the possibility of ensuring the soundness of the repaired pier only if the heating temperature is kept below the A_1 transformation temperature, and if the mode of the residual imperfection is made to be opposite to that of the local buckling of the panel.

5. Conclusions

For elucidating the effect of the correction by heating/pressing on the behaviour of the steel bridge pier and diagnosing the soundness of the steel bridge pier repaired by heating/pressing, a series of experiments and analyses were carried out. The following results were obtained. The experiment for the virgin specimens considering the loading conditions of an earthquake were carried out and then simulated by elastic-plastic large deformation analysis based on FEM:

1. The virgin specimen was locally buckled by cyclic loading.
2. The panels crossing at right angles to the direction of the loads deformed concavely, and the panels parallel to that deformed convexly to the cross-section of the specimen. No cracks could be observed in the welds after the experiment.
3. The behaviour of the virgin specimen could successfully be simulated by the analysis. Based on the results, the validity of the analysis program was confirmed. The out-of-plane deformation generated by the cyclic loads was corrected by heating/pressing below the A_1 transformation temperature.
4. It was impossible for the out-of-plane deformation to be perfectly corrected and some deformations inevitably remained (the residual imperfection). The magnitude of the residual imperfection was about five times as large as the acceptance of the initial deflection. The same experiment was again carried out on the specimen after correction by heating/pressing, and was simulated by the elastic-plastic large deformation analysis based on FEM.
5. The maximum strength of the corrected specimen, of which the mode of the residual imperfection was the same as that of the out-of-plane deformation, was 0% lower than that of the virgin specimen. The maximum strength of the corrected specimen, of which the mode of the residual imperfection was made to be opposite to that of the out-of-plane deformation, was not lower than that of the virgin specimen. No cracks could be observed in the welds after the experiment.
6. The behaviour of the corrected specimen could be simulated by considering only the residual imperfection, without considering the change of yield stress due to plastic deformation and residual stress.
   This result indicated that the residual imperfection dominated the behaviour of the corrected specimen.
7. It was verified that the maximum strength of the pier was decided by the degree of the plastic zone in a particular region. In the case of the pier in this study, this was the region where the distance from the basement was from 100 to 300 mm and when the plastic ratio in the region was about 0.7.
8. The results of the experiment and analysis indicated that correcting the out-of-plane deformation opposite to the mode of local buckling of the panel was effective for keeping the maximum strength of the repaired pier the same as that of the virgin pier.
9. It is ideal for the residual imperfection to be controlled within the acceptance of the initial deflection. However, if this proves difficult, there is the possibility of ensuring the soundness of the repaired pier only if the heating temperature is kept below the A_1 transformation temperature, and if the mode of the residual imperfection is made to be opposite that of the local buckling of the panel.

About the authors

Mr. Mikihito HIROHATA (sgsc2702@jwri.osaka-u.ac.jp), Specially Appointed Assistant Professor, Ph.D., and Prof. Dr. You-Chul KIM (kimyc@jwri.osaka-u.ac.jp) are both with Joining and Welding Research Institute, Osaka University, Osaka (Japan). Mr. Takuya MORIMOTO (morimoto.takuya@nsc-eng.co.jp), M.E., formerly Graduate Student of Osaka University, is now with Nippon Steel Engineering Co., td., Chiba (Japan).

References

[1] Editorial Committee for the Report on the Hanshin-Awaji Earthquake Disaster: Report on the Hanshin-Awaji Earthquake Disaster - Emergency Repair and Seismic Retrofit, 1999, Maruzen Publish Division, Tokyo, Japan (in Japanese).

[2] Japan Society of Civil Engineers: Guidelines for stability design of steel structures 2nd Edition, 2005, Maruzen Publish Division, Japan (in Japanese).

[3] Hirohata M. and Kim Y.C.: Effect of correction by heating/pressing on mechanical behaviour of steel structural members, Doc. IIW-1892, Welding in the World, 2008, vol. 52, no. 11/12, pp. 63-70.

[4] Hirohata M. and Kim Y.C.: Generality verification for factors dominating mechanical behavior under compressive loads of steel structural members corrected by heating/pressing, International Journal of Steel Structures, KSSC, 2007, vol. 8, no. 2, pp. 83-90.

Caratteristiche ed impiego di tubi e raccordi in acciaio inossidabile e lega di nichel fabbricati per colata centrifuga *

1. Introduzione

Il processo per colata centrifuga per la fabbricazione di tubi e raccordi è una realtà ampiamente consolidata a livello industriale, applicata con successo a numerose tipologia di lega, come ad esempio le ghise, gli acciai al carbonio, bassolegati ed inossidabili, le leghe base rame, le leghe base nichel e base cobalto.

Storicamente, la colata centrifuga è utilizzata per realizzare pezzi aventi un asse di rivoluzione. La tecnica utilizza la forza centrifuga generata dalla rotazione di uno stampo cilindrico per disporre il metallo fuso contro la parete dello stampo ed ottenere la forma desiderata.

Il primo brevetto su un processo di colata centrifuga è stato ottenuto in Inghilterra nel 1809. Il primo utilizzo industriale del processo si registrò invece nel 1848 a Baltimora, quando la colata centrifuga venne utilizzata per la produzione di tubi in ghisa. La colata centrifuga orizzontale è stata utilizzata principalmente per la produzione di fusioni in ghisa grigia di parete sottile, ghisa sferoidale e tubi in ottone. Successivamente, i miglioramenti delle attrezzature e delle tecniche di colata hanno reso possibile lo sviluppo di un processo flessibile, affidabile ed economico, in grado di soddisfare rigorosi requisiti dimensionali e metallurgici. Come si vedrà con maggiore grado di dettaglio, risultano di particolare importanza i casi dei tubi bimetallici in acciaio e lega di nichel, di grande diametro e spessore di parete, utilizzati nella chimica di processo, nella fabbricazione della cellulosa e della carta, in ambito offshore, nella estrazione di petrolio e gas idrocarburi.

2. Il processo per colata centrifuga

A rigore, possono essere distinte tre tipologie di colata centrifuga, secondo la distinzione di seguito riportata.

- La colata centrifuga propriamente detta è utilizzata per produrre getti cilindrici o tubolari per rotazione dello stampo attorno al proprio asse. Il processo può essere verticale o orizzontale e la necessità di un nucleo centrale viene completamente eliminato. Le fusioni prodotte con questo metodo hanno sempre un foro cilindrico (o diametro interno), indipendentemente dalla forma o configurazione. Il foro di colata sarà lineare o rastremato, a seconda che l'asse di rotazione sia stato orizzontale o verticale. I fusi prodotti in stampi metallici mediante questo metodo hanno un raffreddamento direzionale, con un fronte di solidificazione che procede dall'esterno del getto verso l'asse di rotazione. Ciò comporta una solidificazione direzionale, con la possibilità di ottenere fusioni di alta qualità, con ridottissimi livelli di imperfezioni, con particolare riferimento ai ritiri, problema caratteristico delle fusioni in sabbia.
- La cosiddetta colata semicentrifuga viene utilizzata per produrre getti con configurazioni determinate completamente dalla forma dello stampo su tutti i lati, all'interno ed all'esterno, facendo ruotare colata e stampo attorno al proprio asse. In tale tecnica, viene normalmente utilizzato un asse verticale rotante. La presenza di un nucleo può essere necessaria se sono previste cavità all'interno del semilavorato. Getti difficili da produrre mediante fusione statica convenzionale possono invece essere economicamente prodotti con questo metodo, poiché la forza centrifuga alimenta il metallo fuso sotto pressione in modo molto più efficace rispetto alla tecnica per fusione statica. In questo modo, è possibile migliorare la resa del processo e riempire

* Redazione a cura della Divisione Formazione dell'Istituto Italiano della Saldatura, Genova.

completamente le eventuali cavità dello stampo, ottenendo getti di alta qualità, sostanzialmente privi di vuoti e porosità. Rispetto alla classica tecnica statica possono inoltre essere prodotti getti di spessore più sottile. Getti ottenuti con questa tecnica possono essere utilizzati per la fabbricazione di ingranaggi, pulegge, ruote, rotori e motori elettrici.

- Una terza tecnica per realizzare la colata centrifuga prevede che le cavità presenti negli stampi siano disposte radialmente rispetto all'asse di rotazione, consentendo in questo modo la produzione di più fusioni contemporaneamente. Esempi tipici di applicazione di questa tecnologia sono corpi valvola, staffe ed altri componenti di uso industriale.

Pur considerando le ovvie variazioni che si registrano di caso in caso, gli elementi fondamentali che costituiscono il complesso caratteristico di un impianto per colata centrifuga (nel caso specifico, ad asse orizzontale) sono riportati nella Figura 1.

Il metallo fuso può essere introdotto nello stampo ad una estremità, ad entrambe le estremità o tramite un canale di lunghezza variabile. I tassi di colata variano ampiamente a seconda delle dimensioni del getto e con le modalità con cui il metallo viene versato: ad esempio, un tasso di colata da 1,1 a 2,2 t / min è stato utilizzato per realizzare tubi di acciaio bassolegato della lunghezza di 5 m e 500 mm (20") di diametro esterno, con spessore di parete pari a 50 mm (2"). Di norma, tassi di colata troppo bassi possono portare alla formazione di inclusioni gassose, mentre - al contrario - tassi molto elevati possono causare una solidificazione troppo lenta, con crescenti rischi di fessurazione longitudinale.

Secondo alcune formule di tipo empirico, per leghe ferrose si adottano temperature di fusione tra 50 e 100 °C al di sopra della temperatura di "liquidus" della lega. In pratica, le temperature di fusione sono mantenute più basse possibile, evitando ovviamente la formazione di quelle imperfezioni dovute ad una temperatura troppo bassa.

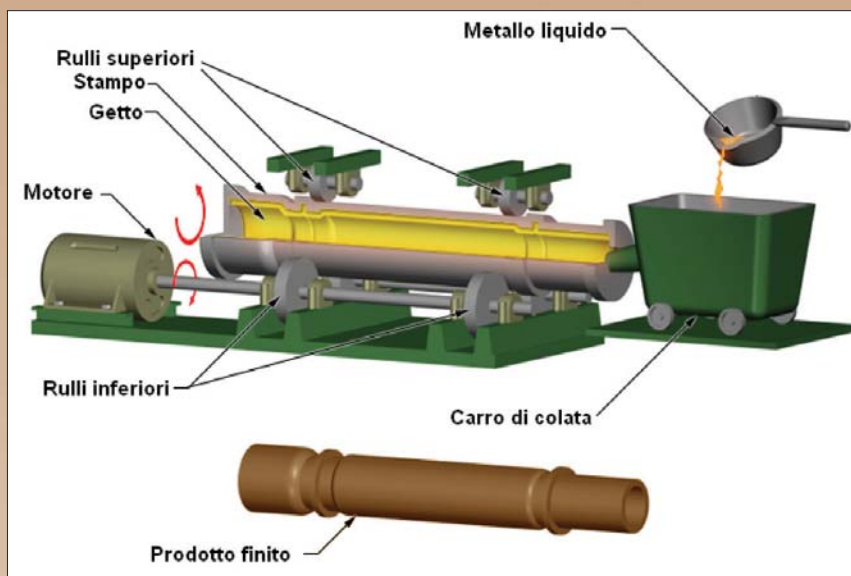



Figura 1 – Schema di un impianto per colata centrifuga orizzontale

Una temperatura di fusione molto elevata richiede – per contro – alte velocità di rotazione per evitare scorrimenti mentre, come accennato, temperature molto basse possono causare riprese di colata e porosità. La temperatura di colata influenza anche il tasso di solidificazione e, di conseguenza, la quantità di segregazione che si verifica.

Numerose attività sperimentali hanno studiato la relazione tra temperatura iniziale dello stampo e la struttura del getto: tale temperatura può variare in un ampio intervallo a seconda del tipo di metallo fuso, dello spessore dello stampo, e dello spessore di parete del tubo da colare. In sintesi, la temperatura iniziale dello stampo non sembra influenzare notevolmente la struttura del getto come altri parametri di processo, ad esempio quelli appena discussi in questo paragrafo.

Generalmente, lo stampo viene ruotato ad una velocità che crea un'accelera-

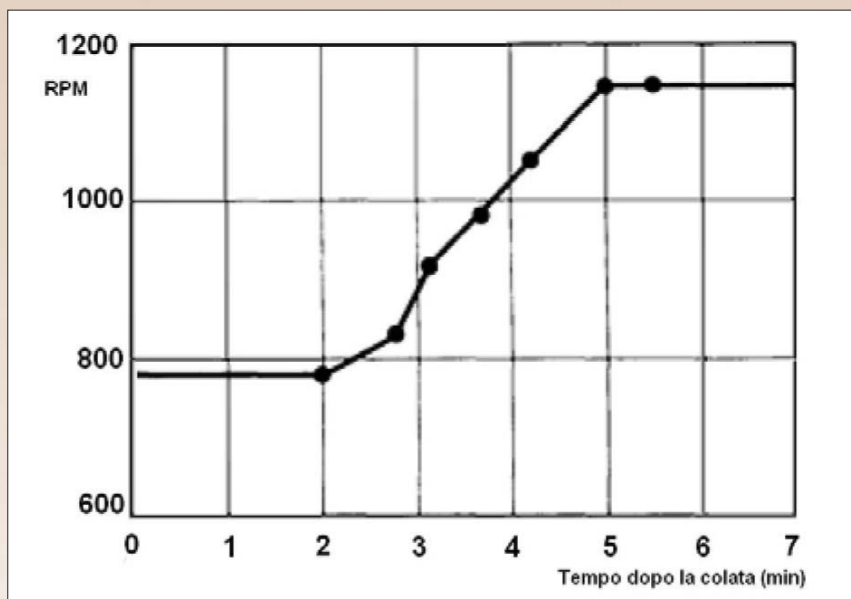



Figura 2 – Variazione tipica della velocità di rotazione durante una colata centrifuga orizzontale

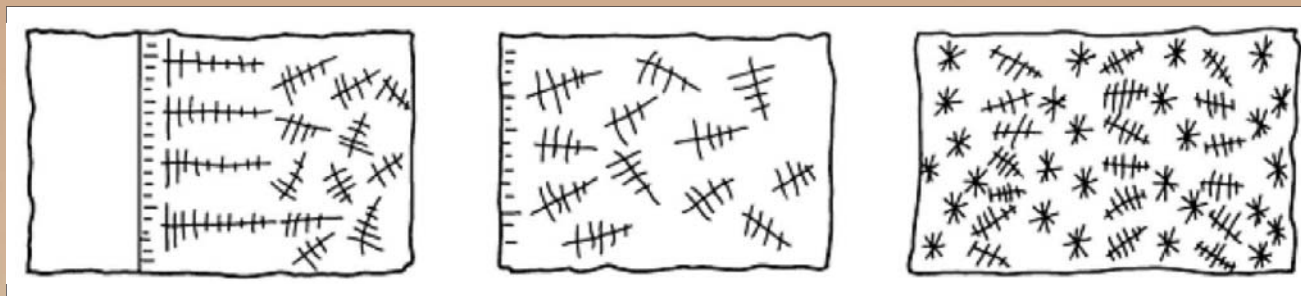



Figura 3 – Strutture caratteristiche di prodotti ottenuti per colata centrifuga orizzontale (da sinistra a destra, a, b e c rispettivamente)

zione centrifuga compresa tra 75 e 120 g. Nella maggior parte dei casi, la velocità di rotazione viene variata durante il processo di colata; nella Figura 2 è illustrato un tipico ciclo di rotazione.
Il ciclo può essere suddiviso in tre parti:

- al momento della colata, lo stampo ruota ad una velocità sufficiente per proiettare il metallo fuso contro la parete dello stampo;
- una volta che il metallo raggiunge l'estremità opposta dello stampo, la velocità di rotazione aumenta;
- la velocità di rotazione è mantenuta costante per un certo tempo dopo la colata; tale periodo varia con il tipo di stampo, di metallo fuso e con lo spessore richiesto.

La velocità ideale di rotazione provoca l'adesione rapida del metallo fuso alla parete dello stampo, con un ridotto livello di vibrazione. Tali condizioni tendono a favorire lo sviluppo di una colata con una struttura uniforme.
Una volta che il metallo fuso entra nello stampo, un gradiente di pressione si instaura attraverso lo spessore del tubo per effetto delle forze centrifughe: ciò fa sì che fasi di diversa densità si possano separare, con una progressiva concentrazione delle fasi più leggere (come scorie e impurezze non metalliche) in corrispondenza del diametro interno. Lo spessore di questi strati di impurezze è solitamente limitato a pochi millimetri e sono facilmente rimovibili durante la lavorazione di macchina successiva.
Una velocità di rotazione troppo bassa può causare scorrimento e provocare scarsa finitura superficiale. Velocità di rotazione troppo alte possono generare vibrazioni, che possono provocare a

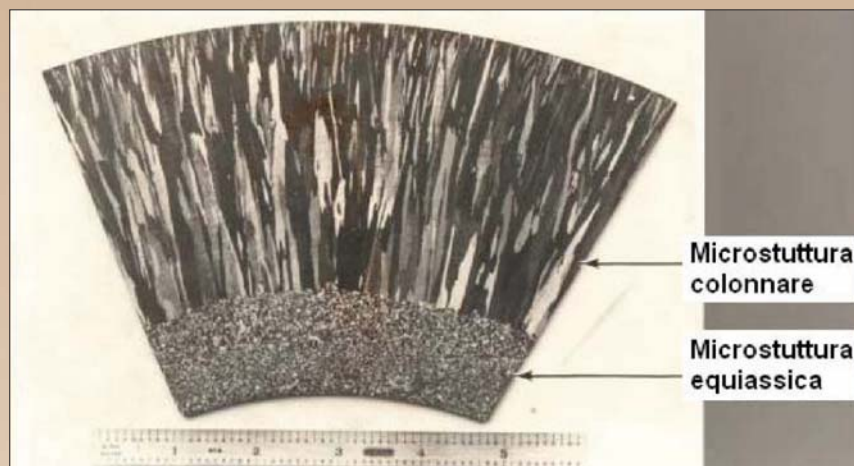



Figura 4 – Dettaglio della microstruttura di un tubo di acciaio inossidabile austenitico ottenuto per colata continua

loro volta segregazioni circonferenziali; inoltre, velocità di rotazione molto elevate possono dare origine a sollecitazioni circonferenziali tali da causare clivaggio o fessurazione circonferenziale durante la variazione di volume caratteristica della solidificazione. Le strutture caratteristiche allo stato come colato (as cast) a seguito di colata centrifuga orizzontale variano per gli acciai in funzione della composizione chimica. Indipendentemente dalla fase o dalle fasi che solidifichino prima, alcune caratteristiche sono comuni alle strutture di colata centrifuga per tutte le leghe ferrose (dall'esterno verso l'interno, Figura 3a):

- uno strato superficiale molto sottile, di tipo colonnare;
- una struttura colonnare orientata in modo uniforme, adiacente alla precedente;
- una struttura più o meno fine, equiassica;

Nel caso di acciai che solidifichino in fase ferritica, la regione colonnare può essere inesistente se l'apporto termico e lo spessore dello stampo sono ridotti (Fig. 3b); al contrario, nel caso di acciai che solidifichino in fase austenitica, è relativamente facile ottenere strutture colonnari regolarmente orientate. Un fenomeno tipico della colata centrifuga orizzontale è la formazione di bande equiassiche attraverso l'intero spessore del getto (Fig. 3c).
Una spiegazione plausibile per questo fenomeno può essere legata alle vibrazioni della macchina, che possono causare ricircolo del metallo fuso durante la solidificazione.
Come per la classica colata statica, la diminuzione della solubilità nel passaggio dalla fase liquida a quella solida di alcuni elementi chimici può favorire fenomeni di micro segregazione, con un progressivo arricchimento di tali elementi nel liquido rimanente. Gli acciai al carbonio sono particolarmente sensibili a questo effetto, per cui il contenuto di carbonio, zolfo e fosforo devono essere adeguatamente

Figure 5a e 5b - Processo per colata centrifuga ad asse orizzontale e verticale

Figura 6 – Sfere semilavorate per valvole a sfera prodotte per vertical centrifugal casting (Cortesia Fuzhou ZhengYin Metal Works Co., Ltd)

limitati per evitare la precipitazione locale di carburi e solfuri. Un esempio di microstruttura relativa ad un acciaio inossidabile austenitico è riportato nella Figura 4, in sezione trasversale. In sintesi, esistono due modalità di fabbricazione, per rotazione attorno ad un asse orizzontale (Fig. 5a) oppure attorno ad un asse verticale (Fig. 5b) ed in entrambi i casi il materiale si adatta, in fase liquida, allo stampo appositamente predisposto; la scelta tra queste diverse tecniche è effettuata – tra l’altro – in base al rapporto tra la lunghezza ed il diametro del pezzo da produrre, all’applicazione cui è destinato il semilavorato ed in qualche misura al suo spessore: in molti casi, si opta per la tecnica ad asse verticale per rapporti lunghezza / diametro inferiori a due. Gli stampi metallici sono usati oggi solo per la produzione di tubi sino a 6 m circa di lunghezza con tecnica ad asse orizzontale; la tecnica ad asse verticale può comportare l’impiego di stampi metallici come anche di grafite, in sabbia o di tipo ceramico, inseriti a loro volta nello stampo metallico. Ad esempio, questa tecnica può essere impiegata per la fabbricazione delle parti sferiche di valvole a sfera (Fig. 6) sino a diametri anche di tre metri. Allo stesso modo, alcune fonderie adottano questa tecnica per realizzare raccordi a T (Fig. 7), collettori ed altre geometrie. Due sono le caratteristiche di questi prodotti che ne assicurano l’elevata integrità: la solidificazione prevalentemente unidirezionale in stampi metallici e l’elevata forza centrifuga con cui sono realizzati: eventuali inclusioni non metalliche e ritiri sono indotti dalle forze in gioco a posizionarsi in prossimità della parte più interna del semilavorato, la quale può essere successivamente lavorata di macchina per raggiungere il desiderato livello di qualità, garantendo, in questo modo,

Figura 7 – Esempio di raccordo a 45° fabbricato per centrifugal casting

un elevatissimo livello della qualità del prodotto, se considerato attraverso il suo spessore di parete, con ridotti rischi di imperfezioni interne e una notevole uniformità delle proprietà nelle direzioni longitudinali e trasversali, con risultati comunque interessanti anche nella direzione dello spessore.

Per effetto delle lavorazioni di macchina di norma effettuate sui semilavorati, le tolleranze con cui questi prodotti possono essere forniti sono più strette rispetto a quelle che caratterizzano prodotti ottenuti con altre tecnologie, come ad esempio i tubi seamless o saldati longitudinalmente (ovalizzazione, uniformità dello spessore, del diametro ad esempio), con evidenti vantaggi durante le successive attività di fabbricazione, ad esempio nel caso di saldatura TIG, che trae beneficio dalla maggiore precisione degli accoppiamenti realizzabili. La lunghezza massima di tubi fabbricati con colata centrifuga ad asse orizzontale (Fig. 8) dipende dal diametro e dagli spessori di parete: molti costruttori propongono lunghezze sino a 4 o 5 m con diametri variabili tra 100 e 600 mm, per quanto esistano anche tubi di lunghezza superiore a 6 m. Nel caso di servizio in presenza di ambienti corrosivi è di norma previsto un trattamento termico su tubi e raccordi per conferire loro una resistenza alla corrosione ottimale: come noto, tale trattamento ha caratteristiche variabili in funzione del tipo di lega, per quanto nel caso degli acciai inossidabili austenitici e delle leghe di nichel venga effettuata una solubilizzazione (per alcune leghe, come ad esempio l'alloy 825, tale trattamento è di norma seguito da una stabilizzazione a temperature intorno a 940 °C per ottenere il migliore compromesso tra resistenza alla corrosione e resistenza meccanica). Per molte applicazioni, la resistenza alla corrosione degli acciai inossidabili austenitici e duplex correttamente trattati termicamente negli ambienti anaerobici tipici del servizio Oil & Gas può essere considerata allo stesso livello dei corrispondenti prodotti grezzi; tuttavia, è evidente che la tendenza all'accrescimento del grano ha un effetto fortemente negativo nei confronti di situazioni come l'infragilimento da idrogeno o lo "stress cracking" da solfuri per gli acciai inossidabili ferritici, martensitici e duplex. Di conseguenza, è opportuno valutare attentamente l'impiego di tubi prodotti per colata centrifuga nel caso siano previste severe condizioni di servizio come appunto il "sour service".

Figura 8 – Tubi in acciaio 21CrMo10 fabbricati per colata centrifuga (Cortesia Besco Steel Works Ltd)

Nel caso di leghe a medio o alto nichel sono reperibili in letteratura vari riferimenti secondo i quali le fusioni ottenute mediante la classica fusione statica (ad esempio, corpi pompa, valvole) hanno evidenziato una resistenza alla corrosione notevolmente inferiore, con particolare riferimento ad ambienti acidi molto aggressivi: è il caso, ad esempio, delle leghe ACI CN-7M (UNS N08007) oppure CW12MW (alloy C-276). Allo stesso modo, per applicazioni in piattaforme destinate al Mare del Nord, sono disponibili in letteratura informazioni relative a fusioni in lega tipo 825 per le quali il comportamento di collettori ottenuti per colata centrifuga è risultato positivo, con risultati a fronte di prove di corrosione intergranulare (Huey) confrontabili rispetto a fusioni convenzionali.

In altri casi, peraltro, grazie alla loro intrinseca purezza, sono documentate performance in termini di resistenza alla corrosione anche superiori rispetto a fusioni tradizionali.

3. Fabbricazione di raccordi da billette ottenute per colata centrifuga

Raccordi e pezzi speciali quali ad esempio curve, riduzioni e "tee" possono essere ottenuti da tubi fabbricati per colata continua con tradizionali tecniche di formatura a caldo, soprattutto per specifiche tipologie di lega e di raccordo: ad esempio, la piegatura ad induzione è applicabile, per la formatura da tubo ottenuto per colata centrifuga, ad un certo spettro di materiali, come ad esempio nel caso dei "Christmas tree flow loops" in lega tipo CA6NM (J91540, 13Cr 4 Mo). Per contro, non sembrano ad oggi avere avuto successo i tentativi di formare collettori di tipo "multibranch" in acciaio austeno - ferritico con tecniche di estrusione a caldo, mentre è ormai consueta la fabbricazione di "tee" di questi materiali, fabbricati per formatura a caldo da tubi per colata centrifuga, così come billette ottenute in questo modo possono essere impiegate come sbozzati per ottenere tubi mediante colata centrifuga.

Figura 9 – Tubo grado API 5L X65 placcato internamente in lega 625 (Cortesia BUTTING GmbH & Co.)

4. Fabbricazione di tubi placcati internamente per colata centrifuga

Un'interessante applicazione delle tecnologie di fabbricazione per colata centrifuga ad asse orizzontale sono i tubi placcati internamente, il cui impiego è in continua ascesa nell'ambito dell'industria Oil & Gas, per quanto tale tecnologia, nello specifico, non possa essere considerata del tutto nuova: ad esempio, cilindri in acciaio con rivestimenti resistenti all'abrasione o di tipo antifrizione oppure semilavorati per l'industria petrolchimica in lega 35Ni25CrNb con placcature esterne in lega 50Cr50NiNb sono stati utilizzati con buon successo. Tuttavia, negli ultimi anni sono state sviluppate applicazioni di tubi placcati internamente con leghe resistenti alla corrosione per l'industria geotermica e per il settore Oil & Gas (è il caso di collettori per impianti operanti al di sotto del livello del mare in ambito offshore).

Al riguardo, va osservato che un elemento che ha stimolato l'interesse per queste applicazioni è la disponibilità di raccordi placcati ottenuti tipicamente per formatura ad induzione e di "tee" forgiati, per varie combinazioni di leghe. Più in dettaglio, ferma restando la possibilità di realizzare placcature con le consuete tecnologie di "weld overlaying", può essere utile ricordare che per tubi in acciaio grado API 5L X52, X60 e X65 sono disponibili raccordi placcati in lega CF3M, C276, 625, 825 ed acciaio austeno - ferritico (J93183 e J93550).

In sintesi, un tubo placcato internamente per colata centrifuga è ottenuto impiegando il tubo esterno in acciaio non legato come stampo, versandovi la colata di lega in acciaio inossidabile austeno – ferritico o lega di nichel internamente, quindi effettuando gli eventuali trattamenti termici e le successive lavorazioni alla macchina utensile sulla superficie interna, sino al raggiungimento del desiderato diametro, quindi del desiderato spessore di placcatura; questa tecnologia – grazie alla lavorazione di macchina finale – consente di ottenere tolleranze di fabbricazione accurate, essenziali per le successive attività di saldatura testa a testa, senza possibilità di ripresa al rovescio.

Questo tipo di tubo placcato internamente è disponibile con diametri esterni compresi tra 100 e 400 mm e lunghezze tipiche di 4 m (in realtà, la lunghezza è funzione del diametro: tubi di maggiore lunghezza sono stati fabbricati con diametri maggiori o eguali a 8").

Nella Figura 9 è indicato un esempio di tubo grado API 5L X65 placcato internamente con lega 625.

La successiva saldatura di tali tubazioni placcate può essere effettuata secondo una delle seguenti procedure:

- si prepara il giunto in modo da eseguire con processo TIG la saldatura del placcato con consumabili corrispondenti al placcato stesso o in condizioni di "overmatching" per ragioni di resistenza alla corrosione; successivamente, il giunto è completato uti-

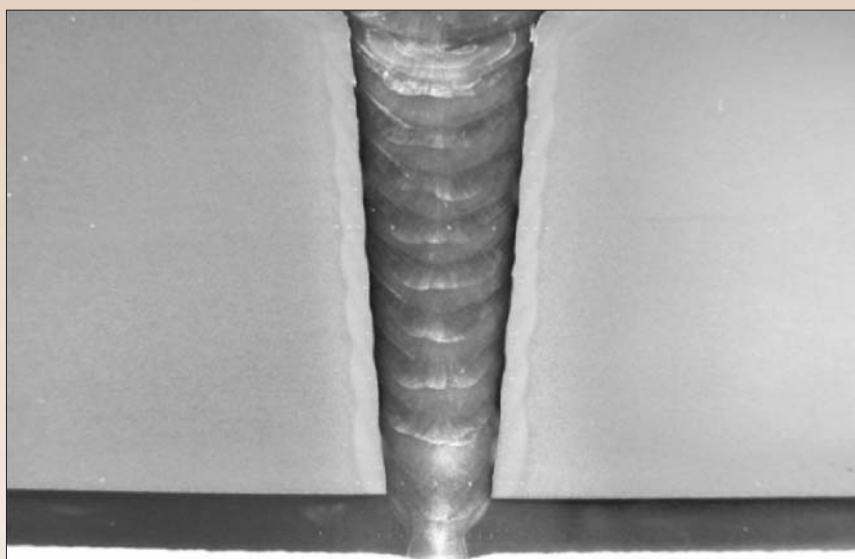



Figura 10 – Macrografia della saldatura testa a testa di un tubo grado API 5L X65 placcato internamente in lega 625

TABELLA 1 – Caratteristiche chimiche e meccaniche di tubi centrifugati secondo ASTM A872

UNS	Analisi chimica											Caratteristiche meccaniche				
	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	N	Cu	Co	Rm min, ksi [MPa]	Rs min, ksi [MPa]	A% min	HBN max	HRC max
J93183	0.030	2.0	0.040	0.030	2.0	4.00 - 6.00	20.0 - 23.0	2.00 - 4.00	0.08 - 0.25	1.00	0.50 - 1.50	90 [620]	65 [450]	25	290	30.5
J93550	0.030	2.0	0.040	0.030	2.0	5.00 - 8.00	23.0 - 26.0	2.00 - 4.00	0.08 - 0.25	1.00	0.50 - 1.50	90 [620]	65 [450]	20	297	31.5

lizzando consumabili idonei per la saldatura eterogenea con processo a filo continuo o ad elettrodo rivestito (nel caso di placcature ottenute con lega 625, C276 il consumabile dovrebbe essere di tipo corrispondente; in altri casi, come ad esempio gli acciai austeno - ferritici, si dovrebbe ricorrere a condizioni di "overmatching", tipicamente alla lega tipo 625).

- La preparazione è analoga al caso precedente, ma viene applicato un "buffer layer" in ferro a basso tenore di carbonio sulla saldatura di radice; successivamente, la saldatura viene completata con consumabili in acciaio al carbonio, congruenti con l'analisi chimica del grado API 5L.

In genere, tra le due suddette procedure, si preferisce la prima, per quanto più onerosa per il costruttore.
Nella Figura 10 è riportata la macrografia della saldatura testa a testa di una tubazione grado API 5L X65 placcata internamente in lega 625 ottenuta per colata centrifuga.

5. Proprietà meccaniche e requisiti dei codici applicabili

Per quanto sia mediamente vero che i tubi ottenuti per colata centrifuga presentino una resistenza meccanica ed un $R_{P0,2}$ superiori ai corrispondenti prodotti ottenuti per fusione convenzionale, non sempre – con poche eccezioni – ciò viene debitamente considerato da parte delle norme e dei codici di riferimento (ad esempio, ASTM A451, A743 / 744). Nel caso di ASME B31.3 "Code for pressure piping: Chemical Plant and Petroleum Refining Piping" - il codice più diffuso a livello internazionale per piping di processo per piattaforme offshore o per impiantistica onshore - non è prevista una considerazione specifica al particolare livello di integrità tipica dei tubi ottenuti per colata centrifuga lavorati internamente di macchina, ad esempio, utile per la rimozione della caratteristica porosità interdendritica tipica dei tubi allo stato "as cast". In questo codice è previsto un "casting factor" Ec pari a 0,8 per il calcolo delle tensioni ammissibili che non tiene effettivamente conto delle modalità di fabbricazione del tubo (fusione statica convenzionale o per colata centrifuga); tale fattore può essere portato a 1,0 (per entrambi i tipi di tubo) una volta lavorate di macchina le superfici interne ed eseguito il controllo con liquidi penetranti sulle stesse ed il relativo esame radiografico (o ultrasonoro) al 100%: considerando che l'esame ultrasonoro è di fatto poco applicabile a materiali austenitici, la scelta cade inevitabilmente sull'esame radiografico. Riassumendo, si possono identificare quattro casi di particolare rilevanza ai fini dell'utilizzo del codice suddetto, per confronto con gli equivalenti prodotti ottenuti per deformazione plastica:

- fusioni centrifughe in acciaio inossidabile austenitico (ad esempio, CPF3 / 304L oppure 316L);
- fusioni centrifughe in acciaio austeno - ferritico;
- fusioni centrifughe di lega 825;
- fusioni centrifughe di lega 625.

Nel primo caso (acciai inossidabili austenitici), fermo restando quanto osservato circa la mancata distinzione tra tubi ottenuti per fusione convenzionale o centrifuga, si può osservare che le proprietà meccaniche e di conseguenza le tensioni ammissibili previste da ASME B31.3 sono di norma superiori per i tubi ottenuti per fusione alle temperature di maggiore interesse per tubazioni di processo nel settore offshore. La stessa API 5LC (1988) riconobbe la colata centrifuga tra i metodi ammissibili per la fabbricazione di tubi, con requisiti minimi analoghi per le due tipologie di prodotto.
Nel secondo caso (acciai austeno – ferritici) è utile citare la norma ASTM A872, emessa nel 1987, che per la prima volta recepì i gradi 22Cr (J93183) e 25Cr (J93550) per i tubi prodotti per colata centrifuga. Le proprietà del grado J93183 sono confrontabili con quelle del corrispondente A790 (UNS S31803), per cui le tensioni ammissibili previste da ASME B31.3 sono le stesse, in entrambi i casi; per il 25Cr (J93550) le proprietà previste da ASTM A872 sono identiche a quelle relative al grado 22Cr, fatto invero che non riflette le effettive differenze esistenti a favore del primo. Infine, la specifica API 5LC-CRA prevede fusioni centrifughe tanto nel caso del grado LC-65-2205 che del grado LC-65-2506, con requisiti minimi per il 22Cr analoghi rispetto ad ASTM A872 ed A790. Per il grado 25Cr i requisiti previsti per la resistenza meccanica (95 ksi) lo collocano a metà strada tra i gradi J93350 e S31260.
Nella Tabella 1 sono riportate alcune delle principali caratteristiche per tubi centrifugati secondo la suddetta norma

ASTM A872. Nel caso delle leghe tipo 825, i tubi ottenuti per colata centrifuga differiscono rispetto ai tradizionali gradi fabbricati per deformazione plastica per due ragioni: i primi sono stabilizzati con niobio mentre i secondi con titanio, poiché il titanio non è un elemento di norma adatto alla fabbricazione di getti (tra l'altro, il niobio migliora in qualche misura anche la saldabilità di questi prodotti); inoltre, mentre tubi e lamiere sono sottoposti ad una ricottura di stabilizzazione a temperature comprese tra 900 e 920 °C, i tubi centrifugati sono invece solubilizzati tra 1150 e 1200 °C, quindi stabilizzati tra 920 e 940 °C. Non vi sono specifiche ASTM per tubi ottenuti per colata centrifuga in lega 825, per quanto siano disponibili valori di riferimento relativi a campionature significative di colate di diverse fonderie. Si può osservare che i tubi ottenuti per colata centrifuga soddisfano i requisiti minimi previsti per quelli saldati (ASTM B705) e sono maggiori rispetto a quelli previsti per i tubi "seamless" (ASTM B423). Allo stesso modo, nel codice ASME B31.3 le tensioni ammissibili per questa lega sono basate sui valori dell'$R_{P0,2}$, per cui esse risultano confrontabili con quelle relative ai tubi saldati (ASTM B705) e superiori a quelle relative ai tubi senza saldatura (ASTM B423). La stessa API 5LC-CRA prevede la lega 825 ed i tubi ottenuti per colata centrifuga, di conseguenza, dovrebbero essere conformi ad essa; tuttavia, i requisiti previsti per l'analisi chimica sono quelli per i tubi ottenuti per deformazione plastica e prevedono quindi il titanio come stabilizzante. Infine, nel caso della lega 625 si ottengono mediante colata centrifuga resistenze meccaniche significativamente inferiori, dato che costringe ad adottare, di conseguenza, tensioni ammissibili inferiori rispetto al caso dei tubi ottenuti per deformazione plastica (con particolare riferimento al confronto con ASTM B705, per i tubi saldati, e con ASTM B444 per i tubi seamless, Grade 1). Ciò è spiegato in parte dal fatto che i tubi ottenuti per colata centrifuga sono normalmente forniti allo stato solubilizzato, mentre nel caso di ASTM B705 e B444 (Grade 1) è previsto il trattamento di ricottura. Lo scostamento dalla proporzionalità minimo della lega 625 soddisfa i valori minimi previsti da ASTM B444 (Grado 2, solubilizzato), mentre i valori della resistenza meccanica risultano inferiori: il codice ASME B31.3 (considerando i ridotti valori della resistenza meccanica) fa riferimento appunto ad essa per la determinazione delle tensioni ammissibili mentre per il Grado 2 ASTM B444 il "design stress" è basato sul dato relativo allo scostamento dalla proporzionalità, con il risultato di generare un valore superiore per i tubi ottenuti per deformazione plastica. Nel caso in cui la lega 625 sia impiegata per realizzare placcature interne, la cui presenza non è in genere considerata ai fini della resistenza di progetto della tubazione, la questione assume ovviamente una diversa rilevanza.

Figura 11 – Le piattaforme operanti presso i giacimenti del Mare del Nord sono state tra le prime ad utilizzare tubi ottenuti per colata centrifuga (Cortesia Statoil)

Figura 12 – Branch connection con specifiche geometrie facilitano l'esecuzione dell'esame radiografico, in alternativa alle tipiche soluzioni tipo "set-on" (Cortesia WOI – Welding Outlet Inc.)

6. Applicazioni industriali

Per quanto fusioni ottenute per colata centrifuga siano state impiegate per vari anni per la fabbricazione di pompe, cilindri e corpi pompa per servizio acqua mare in bronzi all'alluminio, la prima applicazione industriale di un certo rilievo può essere considerata la realizzazione degli anni '80 di un tratto di circa 9 km di una "flowline" del diametro di 8" (schedula 120) in acciaio 13Cr, presso il giacimento di Arun (Sumatra), seguita da una seconda linea, seppure di dimensioni inferiori, in Algeria. Allo stesso modo, considerando i bacini petroliferi del Mare del Nord, nella prima metà degli anni '80 fu realizzata una linea da 24" di forte spessore in acciaio inossidabile 19 10 Nb (CF8C / UNS J92710) ed un collettore del diametro di 6" in acciaio austeno - ferritico 22 5 3 (UNS J93183). La lega 825 è stata impiegata per tubazioni di processo su numerose piattaforme

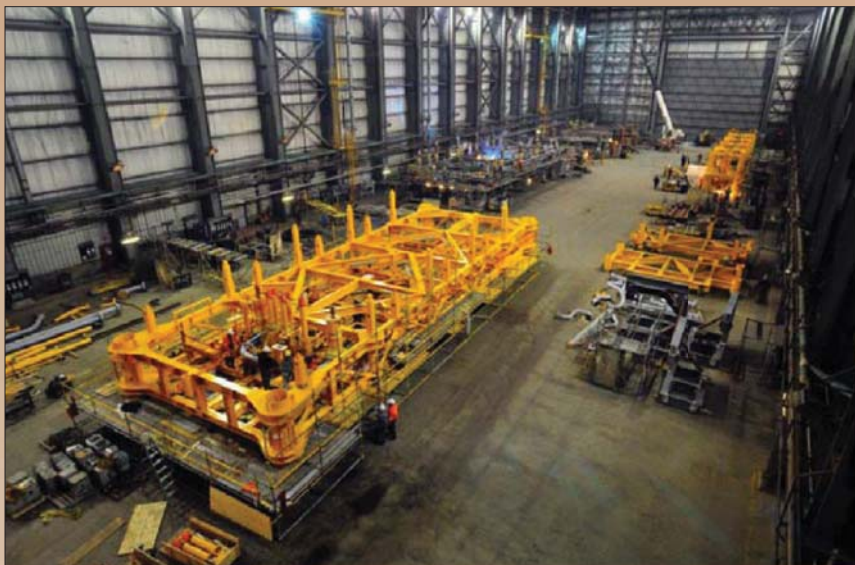



Figura 13 – Fabbricazione di subsea manifold in officina (Cortesia Husky Energy)

di estrazione nel settore Oil & Gas nel Mare del Nord, con semilavorati ottenuti per deformazione plastica, in considerazione delle severe condizioni di servizio (corrosione / erosione, temperatura dei fluidi, velocità e regime dei flussi, presenza di anidride carbonica, H_2S in soluzione, tenore di cloruri, pH ed altri fattori ancora). In una piattaforma nella regione meridionale del Mare del Nord fu invece impiegata con successo la lega suddetta in forma di tubo prodotto per colata centrifuga, di elevato spessore, con significativi benefici rispetto ad analogo semilavorato ottenuto senza o con saldatura, per deformazione plastica. Come accennato all'inizio di questo paragrafo, si trattò nel primo caso di collettori da 16" con spessori di parete di 32 e 22 mm, che furono preceduti da test effettuati su analoghi manufatti da 10" e spessori di parete di 32 mm, mentre nel secondo caso, con analogo diametro (16"), lo spessore di parete era di 38 mm, (Fig. 11). Dal punto di vista della fabbricazione, considerando i limiti propri dell'esame ultrasonoro nella ricerca di imperfezioni su fusioni in getti di tipo austenitico e la scarsa applicabilità del metodo radiografico su geometrie di tipo "set-on", alcuni utilizzatori finali richiedono talvolta soluzioni diverse (ad esempio, tipo "set-in" oppure "swept branch", vedere anche la Figura 12). Si ricorda, al riguardo, che l'esecuzione dell'esame radiografico al 100%, secondo lo standard più diffuso, consente di valorizzare ad 1 il "casting factor" Ec, con evidenti vantaggi dal punto di vista economico e della fabbricazione.

In entrambi i casi sopra citati furono utilizzati come consumabili prodotti in condizioni di "overmatching" tanto dal punto di vista della resistenza alla corrosione che su quello della resistenza meccanica (ER NiCrMo3, E NiCrMo3); durante la saldatura, furono di grande utilità le strette tolleranze di fabbricazione dei materiali base grazie alla lavorazione di macchina sulla superficie interna, che consentirono un accurato allineamento dei lembi, aspetto di particolare interesse soprattutto nel caso di saldatura con processo GTAW.

Un aspetto da considerare, tenendo in debito conto le quantità complessive di tubazione relativamente ridotte richieste da queste applicazioni, possono essere le difficoltà nell'approvvigionamento: anche da questo punto di vista, la colata centrifuga può risultare vantaggiosa, data la flessibilità intrinseca di questo tipo di modalità di fabbricazione tanto in termini di quantità che in termini di rapidità della fornitura.

Oltre ai collettori, un secondo caso di applicazione di prodotti ottenuti per colata centrifuga sono sicuramente le "flowline". Per queste applicazioni, come noto, i fluidi eserciti presentano tenori di CO_2 e di H_2S significativi, il cui effetto è amplificato dalle pressioni cui sono soggette le tubazioni, con temperature prossime ai 200 °C. Uno dei gradi più diffusi è indubbiamente l'acciaio inossidabile supermartensitico 13Cr, con diametri variabili tra 8 e 10" ed elevati spessori di parete (tipicamente, schedula 120). Dati i rischi di "stress corrosion cracking" causati dalla presenza di tenori di H_2S anche piccoli è necessario un rigoroso controllo della durezza del tubo e del giunto saldato, per cui l'impiego di tubi ottenuti per colata centrifuga in acciaio austeno - ferritico (J93183) può consentire una maggiore tolleranza nei confronti della presenza di H_2S nell'ambito di applicazioni di tipo geotermico. Per queste applicazioni, sono state impiegate negli USA "flowline" in acciaio X60 placcate internamente con acciaio inossidabile CF3M; allo stesso modo, sono documentate applicazioni dello stesso grado di acciaio placcato con 2 mm di lega C276 ottenute per colata centrifuga.

L'impiego di prodotti ottenuti per colata centrifuga per la fabbricazione di "manifold" sottomarini risale ormai a quasi trent'anni fa: già nel 1984 fu impiegato il grado austeno - ferritico 22 5 3 per una stazione operante nel Mare del Nord; per queste applicazioni, come noto ai corrosionisti, indipendentemente dal materiale con cui siano realizzati i manufatti, esiste il rischio che l'acciaio assuma un comportamento catodico per effetto della presenza di idrogeno, con conseguenti rischi di infragilimento e di corrosione, qualora – ad esempio – se la struttura di supporto in acciaio al carbonio sia protetta considerandone il suo potenziale standard ma sia elettricamente connessa con le parti realizzate in acciaio austeno - ferritico (Fig. 13). Per altre applicazioni nel Mare del Nord furono invece utilizzate tubazioni bimetalliche da 6" (acciaio X52 con 3 mm di placcatura interna di alloy 625), abbinate a pezzi speciali realizzati talvolta interamente in alloy 625 oppure placcati internamente con tale

lega con processo GMAW.
Per costruzioni esercite nello stesso Mare del Nord sono inoltre documentate applicazioni di tubazioni di piccolo diametro ottenute per colata centrifuga di acciaio martensitico 13Cr4NiMo (UNS J91450) per la fabbricazione di piping tipo "Christmas tree" (Fig. 14): per ragioni di tipo metallurgico, questo grado di acciaio richiede peraltro accurati trattamenti termici dopo saldatura per soddisfare i requisiti di durezza previsti per queste applicazioni dalle più diffuse normative tecniche, come ad esempio NACE MR 0175. In alcune applicazioni sono state utilizzate con successo tubazioni ottenute per colata centrifuga di tipo bimetallico (Grado X52 con placcatura interna in alloy 625).

Figura 14 – Una fase dell'installazione di un subsea Christmas tree unit

7. Saldatura

Nelle applicazioni ricordate al paragrafo precedente si rende necessaria la saldatura di tubi e/o raccordi prodotti per colata centrifuga con analoghi prodotti o altri ottenuti per tradizionale colata gravitazionale.
Di principio, i processi di saldatura impiegati normalmente per i corrispondenti semilavorati ottenuti per fusione o per deformazione plastica possono essere impiegati, avendo cura di osservare alcune avvertenze.
In particolare, va considerato che i fusi presentano caratteristiche metallurgiche spesso più complesse, a causa dei fenomeni di segregazione che tendono a verificarsi durante la solidificazione, che possono causare difficoltà all'atto della saldatura.
Allo stesso modo, data la notevole complessità dell'analisi chimica di molti acciai inossidabili e leghe di nichel, si possono verificare fenomeni di liquazione in prossimità della linea di fusione, in grado di generare cricche spesso difficili da rilevare durante l'esecuzione dei controlli non distruttivi, a causa della natura fisica di queste leghe e della dimensione caratteristica del loro grano.
Analogamente, come noto anche per i più comuni acciai inossidabili fabbricati per deformazione plastica, si possono verificare in zona termicamente alternata fenomeni di precipitazione in grado di alterare tanto le proprietà meccaniche quanto le proprietà fisiche (ad esempio, la resistenza alla corrosione). Sono piuttosto noti, infine, gli effetti legati alla esposizione di questi acciai a determinati intervalli di temperatura, che possono comportare la precipitazione di fasi fragili, in grado di peggiorare la duttilità della lega in modo permanente, con grave pregiudizio della sicurezza del manufatto.
Concentrando l'attenzione sull'attività di saldatura appunto, è possibile distinguere tra gli interventi eseguiti in fase di fabbricazione su prodotti che non hanno subito alcuna esposizione ad elevata temperatura e quelli invece effettuati in servizio, in cui tale possibilità si sia invece verificata; in quest'ultimo caso, è inoltre possibile, durante eventuali riparazioni o sostituzioni, la saldatura tra componenti nuovi e componenti eserciti, soggetti quindi a forme più o meno complesse di invecchiamento, nell'accezione più ampia del termine. Dal punto di vista generale, tanto nel caso dei materiali nuovi che in quello dei materiali eserciti è possibile individuare alcune caratteristiche comuni a molti acciai, tipicamente per acciai destinati ad impiego ad elevata temperatura.

- Rispetto ai prodotti ottenuti per deformazione plastica, i getti presentano una duttilità minore; inoltre, come accennato, l'eventuale esposizione ad elevate temperature può ulteriormente abbassare il valore di questa proprietà (sono facilmente documentabili casi di prodotti con allungamenti a rottura ridotti a poco più dell'1% a seguito di detti fenomeni). Un basso valore di duttilità tende ovviamente a peggiorare la saldabilità di questi materiali ed a favorire la formazione di cricche, al punto che la saldatura va considerata sconsigliabile, se il valore di tale grandezza scende al di sotto di una determinata soglia.
- In secondo luogo, il contatto con specifiche atmosfere gassose, in servizio, può favorire una certa carburazione dell'acciaio, aspetto che non manca di peggiorare la saldabilità durante successive, eventuali attività.
- I fusi, inoltre, possono essere caratterizzati da imperfezioni (porosità, ritiri), sebbene quelli ottenuti per colata centrifuga, come descritto in questo articolo, siano di norma caratterizzati da una qualità media superiore a quelli ottenuti per colata gravitazionale.

7.1 Saldatura durante la fabbricazione di manufatti nuovi

I due processi più diffusi sono indubbiamente quelli ad elettrodo rivestito ed il TIG; quest'ultimo, di norma, è pure utilizzato per la (le) passata (e) di radice anche quando la procedura preveda il riempimento con elettrodo rivestito. Di fatto, le due modalità di saldatura prevedono appunto:

- il processo TIG tanto per le prime passate quanto anche per il riempimento, riducendo l'apporto termico specifico e la temperatura di "interpass" in modo rigoroso;
- il processo TIG per la (le) passata (e) di radice seguito dal riempimento con elettrodo rivestito (SMAW), nel caso in cui – tipica-

mente – si desideri una maggiore produttività della procedura.

Di principio, anche il processo plasma si presta alla saldatura di queste leghe, in considerazione della ridotta estensione della zona termicamente alterata che è in grado di garantire, per quanto sia frequente, la finitura dei giunti con processo TIG per eliminare imperfezioni di profilo, non rare al diritto del giunto, data la elevata concentrazione di energia.

Per quanto attiene alla scelta del materiale d'apporto - fermo restando il concetto per cui la zona fusa dovrebbe, per quanto possibile, riprendere l'analisi chimica caratteristica del materiale base, per questo tipo di semilavorato - nel caso degli acciai inossidabili austenitici è necessario valutare attentamente il tenore del carbonio, che dovrà ovviamente essere maggiore, nel caso di acciai destinati a servizio ad elevata temperatura (con valori anche pari allo 0,40, per acciai aventi analisi chimica confrontabile con il grado HK-40); talvolta, per la passata di radice, è ritenuto accettabile l'impiego di consumabili a minore tenore di carbonio (pari a circa 0,10%, in particolare), mentre è opportuno evitare di impiegare questo consumabile per l'intera saldatura, qualora sia destinata ad operare in regime di scorrimento viscoso a caldo, condizione in cui offre indubbiamente minori garanzie rispetto al grado a maggiore tenore di carbonio.

Restando nel caso del servizio ad elevata temperatura, è inoltre sconsigliato l'impiego di consumabili in lega di nichel qualora il tubo venga a contatto con gas prodotti da forni, per i possibili problemi che questi consumabili possono presentare in presenza di fumi contenenti zolfo. Nel caso si impieghino elettrodi rivestiti, vanno ovviamente curate le condizioni di essiccamento, partendo da un eventuale ricondizionamento alla temperatura di 315 °C (per un'ora) oppure di 260 °C (per due ore), con mantenimento sino all'utilizzo a temperature comprese tra 125 e 175 °C.

Durante le operazioni di saldatura, è opportuno rispettare alcuni accorgimenti fondamentali, considerando le caratteristiche tipiche del materiale base che stiamo considerando: in particolare, minimizzare l'apporto termico specifico (quindi, le tensioni residue ad esso conseguenti), privilegiando diametri ridotti per elettrodi e bacchette, moderati valori dell'intensità di corrente, alte velocità di avanzamento e ridotte temperature di interpass (tipicamente, 175 °C, meglio se 150 °C).

7.2 Saldatura in fase di manutenzione

Uno dei problemi più temuti, qualora i tubi siano stati eserciti ad elevata temperatura, è indubbiamente il possibile infragilimento di materiali base di per sé già più fragili rispetto ad altre tipologie di semilavorato, a causa di fenomeni di precipitazione secondaria che possono determinare processi di invecchiamento della matrice cristallina.

Di fatto, il servizio ad elevata temperatura può comportare per un acciaio inossidabile austenitico la formazione di ossidi superficiali in quantità significative (in caso di presenza di atmosfere ossidanti, evidentemente), lo sviluppo di carburazione sino ad una certa profondità (per determinati gas di processo), la precipitazione di carburi finemente dispersi (con ulteriore riduzione della duttilità, in caso di permanenza a temperature comprese tra 650 e 1000 °C). Quest'ultimo è anche l'unico processo reversibile, dei tre descritti, mentre per l'ossidazione e l'eventuale carburazione è possibile intervenire superficialmente con soli sistemi di tipo meccanico.

Quando possibile, per materiali caratterizzati da precipitazione di carburi è possibile effettuare un trattamento di solubilizzazione prima della saldatura, con raffreddamenti sufficientemente rapidi a evitare nuovi fenomeni di precipitazione.

Per la scelta del materiale d'apporto, considerando le esigenze di duttilità tipiche della saldatura di riparazione, si può pensare ad impiegare leghe di nichel, a condizione che le condizioni di servizio non prevedano la presenza di fumi contenenti zolfo; dal punto di vista pratico, si può osservare che il consumabile noto con la designazione commerciale Inconel 182 (E NiCrFe-3) si distingue per la possibilità di essere utilizzabile in varie posizioni, mentre il tipo Inco-Weld A (E NiCrFe-2) risulta indicato per temperature intermedie, considerando la sua resistenza allo scorrimento viscoso a caldo, mentre il tipo Inconel 112 (E NiCrMo-3) è impiegabile a maggiori valori di temperatura.

Anche in questo caso, il problema forse più temuto è la possibilità che si formino cricche da liquazione, ad esempio in zona termicamente alterata, in prossimità della linea di fusione: la letteratura tecnica ricorda come questo difetto spesso si verifichi (per gli acciai inossidabili austenitici) in presenza di valori ridotti di carbonio e significativi livelli di impurezze, come zolfo e fosforo.

Tariffe Pubblicitarie 2012

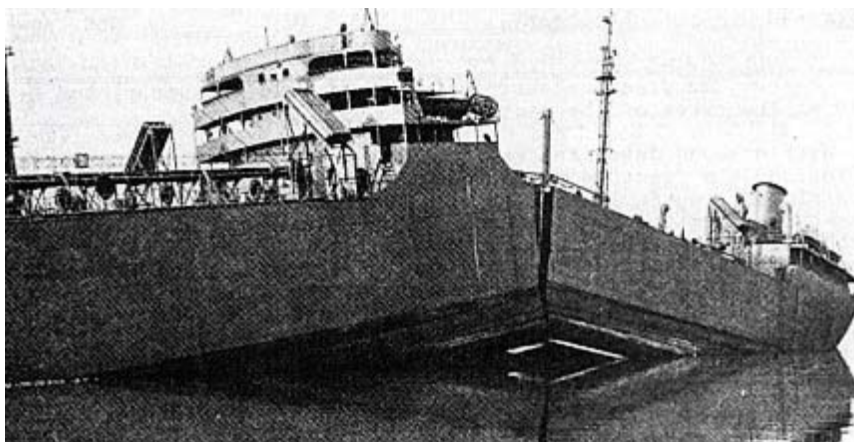
TIPO DI INSERZIONE	Euro
• Pagina a colori:	1300,00
• 1/2 pagina a colori:	700,00
• 1/4 pagina a colori:	400,00
• 1/3 pagina a colori - Piedino pubblicitario fondo pagina:	600,00
• Controcopertina:	4000,00
• 2a di Copertina:	1800,00
• 3a di Copertina:	1800,00
• 4a di Copertina:	2500,00
• Inserto cucito o volante:	1600,00
• Inserto di diverso formato:	1800,00
• Inserto di diverso peso:	1800,00
• Posizione destra fissa:	+ 20%
• ABBONAMENTO:	100,00
• ABB.TO ESTERO:	170,00
• COPIA SINGOLA:	26,00
• COPIA SING. ESTERO:	35,00

** Gli inserti (formato A4, già stampati fronte / retro) dovranno essere forniti alla Redazione in 3500 copie ad uscita;*
** Per gli inserti di più pagine il prezzo sarà concordato caso per caso;*
** Sulle tariffe indicate si applica lo sconto del 10% per le Società associate all'Istituto Italiano della Saldatura;*
** Sono previsti sconti per quantità (minimo 12 pagine annuali).*

Per informazioni e prenotazioni: ***Franco Ricciardi / Cinzia Presti***
Tel. 010 8341.389/392 - fax 010 8341.399 - E-mail: pubblicita.rivista@iis.it

Scienza e Tecnica

Il numero magico

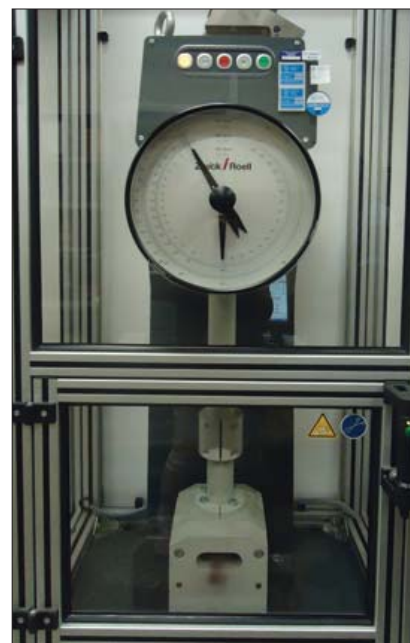
Nella scienza o più spesso nella sua naturale erede, la tecnologia, vengono ricordati alcuni "numeri" ai quali si attribuisce particolare importanza e fiducia più o meno sostenuta da conoscenza ed esperienza.
Nel campo delle costruzioni metalliche ed in particolare dei recipienti in pressione, pensiamo ai limiti sul valore delle misure di durezza, campanello d'allarme di catastrofici eventi di rottura o di insidiosa corrosione.
Certo altri casi potrebbero essere citati, per lo più circoscritti a ambiti limitati e ben identificati. Un numero al quale in moltissimi ambiti tecnologici viene attribuito peso determinante, tanto da costituire elemento caratterizzante degli acciai da costruzione, comparendo nelle tabelle delle normative internazionali o addirittura rimanendo sottinteso, tanta è la sua notorietà, è il numero 27.
Per uscire dall'irriverenza precisiamo che sì, intendiamo il valore di tenacità misurato con prova di resilienza ad una definita temperatura di servizio o di progetto: 27 J (Joule).
Come dire, se in materiale base o in saldatura si misurano almeno 27 J, anche indipendentemente da considerazioni su tipo di acciaio, spessore, manufatto, beh si può stare piuttosto tranquilli. Lungi dal voler dissertare in questa sede della opportunità di tanta fiducia, ci vogliamo dedicare a un po' di storia, per discutere l'origine del "numero magico" degli ingegneri e confortarli o dissuaderli.
Per quanto ne sappiamo, la prova di resilienza fu messa a punto dal signor Charpy agli inizi del secolo scorso, ma non venne impiegata molto, poiché i tempi non erano certo maturi per tenere in conto, oltre alla resistenza dell'acciaio anche la sua capacità di deformarsi, in condizioni poi così strane, sotto un urto e con un intaglio.
La questione rimase dimenticata per diversi decenni, finché durante la Seconda Guerra Mondiale non accaddero particolari eventi di rottura di strutture metalliche, apparentemente inspiegabili. I più noti riguardano le navi di appoggio logistico della marina militare americana delle serie Liberty e Victory. Avvenne infatti che dal 1940 e per alcuni anni successivamente, i cantieri USA costruirono un considerevole numero di navi con lo scafo interamente saldato allo scopo di velocizzare al massimo la loro ultimazione. La soluzione costruttiva, se non assolutamente originale, tuttavia era pionieristica, le tecnologie disponibili non erano evolute e soprattutto la condizione contingente era drammatica e non consentiva di badare granché alla qualità delle giunzioni; il risultato fu una produzione imponente di giunti saldati affetti da severi difetti come cricche, tarli e incollature.
Queste navi furono oggetto di migliaia di incidenti e rotture, non imputabili a sovraccarichi o a conseguenze belliche. Alcuni di questi incidenti sono documentati in immagini "storiche" come quella dello scafo letteralmente spaccato in due che riportiamo qui sotto.

Schenectady T2 tanker, 16 Gennaio 1943

William S. Pellini

A qualche allievo durante i corsi che teniamo spesso in Istituto, osservando questa immagine viene in mente di chiedere come mai i due monconi non siano colati a picco: la risposta risiede nella constatazione che quella nave, al momento del collasso, era ancorata in porto e si è letteralmente appoggiata sul fondo; è evidente quindi che la rottura, catastrofica ed improvvisa, non poteva essere attribuita a carichi eccezionali e rimaneva, come moltissime altre un "mistero". Non appena le condizioni lo permisero, nei laboratori della US Navy, diretti da un ricercatore di origine italiana, il Dr. Pellini, si cercò di interpretare quelle rotture o meglio, con un approccio tutto americano, di trovare un criterio semplice per evitare guai futuri o limitarli al massimo, rimandando a momenti meno concitati la comprensione degli eventi (si potrebbe dire "il come dei fenomeni" di Galileo al posto del "perché" di Aristotele). Pellini si trovò nella condizione favorevole per uno sperimentatore, di avere una enorme quantità di reperti, provenienti da scafi che avevano subito rotture inspiegabili e altri provenienti da scafi integri.

Pellini cercò qualche elemento comune tra gli eventi e trovò che le rotture erano avvenute a partire da "intagli" come difetti gravi di saldatura e generalmente a temperatura abbastanza bassa. Questi elementi comuni, più tardi sarebbero stati chiamati "fattori fragilizzanti" e quel tipo di frattura, improvvisa e sotto carichi bassi sarebbe stata chiamata fragile.

Tuttavia non in tutti i casi nei quali comparivano insieme questi fattori erano accaduti incidenti: a quel punto sembrò naturale cercare una caratteristica meccanica dell'acciaio che potesse essere messa in relazione agli eventi: ecco che tornò in mente Charpy e la sua prova. Pellini condusse un'imponente campagna di prove di resilienza, mantenendo come parametro di riferimento la temperatura minima alla quale le lamiere indagate erano state esposte, criterio forse criticabile ma che si rivelò vincente. L'esame dei risultati evidenziò che la maggior parte degli incidenti si erano verificati su lamiere che alla temperatura minima del loro specifico servizio, mostravano alla prova di resilienza una energia assorbita inferiore a 5 ft lb (foot pound, piede libbra). Inoltre nessun incidente aveva interessato lamiere che alla temperatura minima di servizio, potevano contare su un valore di energia assorbita in prova di resilienza superiore a 20 ft lb. La conclusione fu semplice e pragmatica: la specifica di acquisto delle lamiere da scafo doveva comprendere anche una richiesta (i "requirements" ben noti ai frequentatori dell'ASME) sul minimo valore di energia alla temperatura di progetto, fissato in 15 ft lb. Ciò che ci interessa è segnalare cosa accadde in Europa: l'apprezzamento per il lavoro di Pellini fu vasto, ma si ritenne di adottare una maggiore prudenza nelle decisioni conseguenti. Così nella letteratura europea e poi nelle norme il criterio di classificazione degli acciai fu più severo che in America e si adottò il valore di 20 ft lb. Ormai il mistero del numero magico è svelato: basta cercare una tabella di conversione delle unità di misura e scopriamo che il numero tondo di 20 ft lb diventa il meno immediato 27 J. Il criterio nato con solide basi sperimentali su una classe ben definita di acciaio, venne esteso, di qua e di là dell'oceano, a qualunque tipo di applicazione e ciò provocò sorprese e danni che potremo discutere in un'altra occasione.

Georges Augustin Albert Charpy

Pendolo Charpy per prove di resilienza in dotazione presso il Laboratorio IIS

Dott. Ing. Michele Lanza
Responsabile Divisione Ingegneria
IIS SERVICE Srl

42.000
operatori del settore gas e acqua
ogni anno da 15 anni
consultano i nostri annuari
e le nostre banche dati

Guida tecnico commerciale per gli operatori italiani del ciclo integrale dell'acqua e delle altre utilities
ACQUAGENDA
com-media
Guida tecnico commerciale per gli operatori italiani del settore gas e delle altre utilities
GASAGENDA
com-media

La saldatura laser da processo avanzato a tecnologia diffusa: una scommessa vinta?

Bologna, 21 Giugno 2012

Il programma annuale degli eventi tecnici dell'IIS è arrivato al giro di boa: questa volta, ad ospitare il Convegno intitolato "La saldatura Laser da processo avanzato a tecnologia diffusa: una scommessa vinta?" è il Centro Congressi dell'Area della Ricerca CNR di Bologna, prestigiosa sede istituzionale che ben si è prestata allo scopo per caratteristiche logistiche.
I convegni sulla saldatura laser sono una costante della programmazione dell'IIS e sono riproposti periodicamente, anche allo scopo di verificare i costanti progressi di questa tecnologia, che anche grazie al contributo di nuove tipologie di sorgente, negli ultimi anni ha compiuto grandi progressi sia dal punto di vista del rendimento delle sorgenti stesse che per quanto riguarda il campo di applicazione, aprendo nuove possibilità per leghe tradizionalmente ostiche da approcciare, come ad esempio le leghe di alluminio e le leghe di rame.
Più in particolare, uno dei motori che ci ha spinto ad organizzare questo evento era anche l'intenzione di capire se ormai la tecnologia laser, nell'accezione più ampia del termine, potesse essere considerata ormai uno strumento maturo e consolidato, da equiparare a tutti gli effetti ai cosiddetti processi convenzionali che in saldatura, nella maggior parte dei casi, sono identificati con i classici processi ad arco, abbattendo – in qualche misura – quella sorta di muro di separazione che divide spesso la figura del laserista dal resto del mondo industriale. A questo scopo, il programma non era stato calibrato sulla base delle specifiche di un singolo settore industriale (ad esempio, l'automotive) ma tentava di spaziare soprattutto sulle applicazioni, nel tentativo di approfondire il grado di confidenza dei potenziali utilizzatori nei confronti di questa tecnologia.
Il tradizionale benvenuto ai partecipanti è stato porto dal Prof. Aldo Tani (DIEMTech, Università di Bologna), referente tra l'altro di Promozione Laser, il quale ha potuto illustrare gli scopi e le attività caratteristiche di questa associazione, molto attiva peraltro, proprio nell'ambito della convegnistica e nella divulgazione dei risultati scientifici raggiunti dalla comunità nazionale.
Successivamente la parola è passata al primo relatore della giornata, Giuseppe Daurelio dell'Università di Bari, studioso e ricercatore nell'ambito delle tecnologie di saldatura laser, vera e propria istituzione del settore, il quale, con giustificato orgoglio, ha ripercorso oltre cinquant'anni di esperienza nell'ambito della saldatura, del taglio e della marcatura laser, che lo hanno portato anche a depositare un significativo numero di brevetti. La presentazione è stata una cronistoria della tecnologia dai suoi primi passi sino alle applicazioni più recenti, con un'attenzione specifica alle applicazioni ed ai materiali saldabili, in particolare; non sono mancate considerazioni legate alle tipologie di azienda che in Italia sembrano maggiormente coinvolte nell'applicazione di questa tecnologia, che secondo l'esperienza di Daurelio appartengono soprattutto all'ambito delle grandi aziende, mentre sembra esservi una minore sensibilità da parte delle piccole e medie imprese, dove il processo sarebbe meno diffuso.
La presentazione è stata spesso ar-

ricchita da riferimenti ad esperienze personali che hanno portato i lavori direttamente alla seconda presentazione, curata dall'Ing. Alberto Lauro, Responsabile delle attività della Sezione Operativa dell'IIS.

Questa seconda presentazione è stata il coronamento di un lavoro di ricerca svolto nell'ambito di un progetto finanziato POR della Regione Lombardia, curato per IIS nella parte sperimentale dal Sig. Paolo Baccarini, cui ha preso parte anche IPG Photonics come partner tecnico, realizzando una collaborazione presso i propri Laboratori di Legnano (MI). La memoria, intitolata "Applicazione del Laser con fibre ottiche per riporto in Inconel 625 per valvole", ha descritto attività sperimentali di saldatura e la successiva caratterizzazione dei risultati ottenuti mediante esami di tipo non distruttivo e distruttivo, nella speranza che i risultati stessi potessero essere di interesse per settori tuttora particolarmente attivi come quello relativo all'Oil & Gas.

Per le prove sperimentali sono state usate sorgenti in fibra della potenza di 1 kW e 5 kW, applicando le passate di lega di nickel su un substrato di acciaio al carbonio, il classico ASTM A516 Gr. 70, spesso utilizzato

Figura 2 – Schema della testa impiegata per le prove di saldatura Laser

per la fabbricazione di apparecchi in pressione, con fili da 0.8, 1.0 ed 1.2 mm (quest'ultimo abbinato alla sola sorgente da 5 kW). Il lavoro ha preso le mosse da una inevitabile attività di messa a punto dei parametri fondamentali del processo (parametri focali, posizionamento del filo, ad esempio) per procedere, successivamente, con la realizzazione di saggi con uno strato singolo, con due o addirittura con tre strati, anche allo scopo di verificare le variazioni indotte nell'analisi chimica dalle diverse condizioni di diluizione (utilizzando come riferimento il limite massimo del 5% del ferro nella placcatura). Una volte realizzati, con ottimi risultati, i controlli non distruttivi di rito (VT, PT fluorescenti, UT, con particolare riferimento a possibili problematiche di disbonding all'interfaccia), si è passato a caratterizzare i saggi con prove meccaniche secondo le modalità previste dalla Sezione IX del Codice ASME BPV in materia di qualificazione dei processi di placcatura. Tutte le prove condotte hanno dato esito positivo, comprese le prove di piegamento laterali; per ottenere i desiderati valori di ferro nel placcato è stato necessario utilizzare la tecnica multistrato. In conclusione, l'autore ha sottolineato la qualità del processo di placcatura – favorita dall'impiego di gas Argon – ed al tempo stesso la naturale, limitata produttività dello stesso, con valori di deposito non superiori nel migliore dei casi ad 1.8 kg / ora, ipotizzando possibili sviluppi per la ricerca, passando ad esempio a 2 kW di potenza per la sorgente.

Dopo la tradizionale pausa – peraltro importante momento di ritrovo anche per scambiare esperienze, impressioni e sensazioni tra gli addetti ai lavori – il programma ha visto una seconda presentazione relativa ad attività di tipo sperimentale, a cura dell'Ing. Giuseppe Barbieri di ENEA, Ente che vanta una lunga tradizione nell'ambito dei processi di saldatura Laser.

La memoria, dal titolo "La saldatura Laser di componenti e pannelli sandwich in schiuma di alluminio", ha riassunto i risultati ottenuti, anche in questo caso, nell'ambito di un contesto di ricerca, consentendo tra l'altro un interessante confronto con la tradizionale tecnologia ad arco elettrico con processo TIG. Prima di entrare nello specifico dei test condotti, l'autore ha giustamente descritto le caratteristiche principali dei pannelli sandwich in schiuma di alluminio, effettivamente meno conosciuti delle tradizionali la-

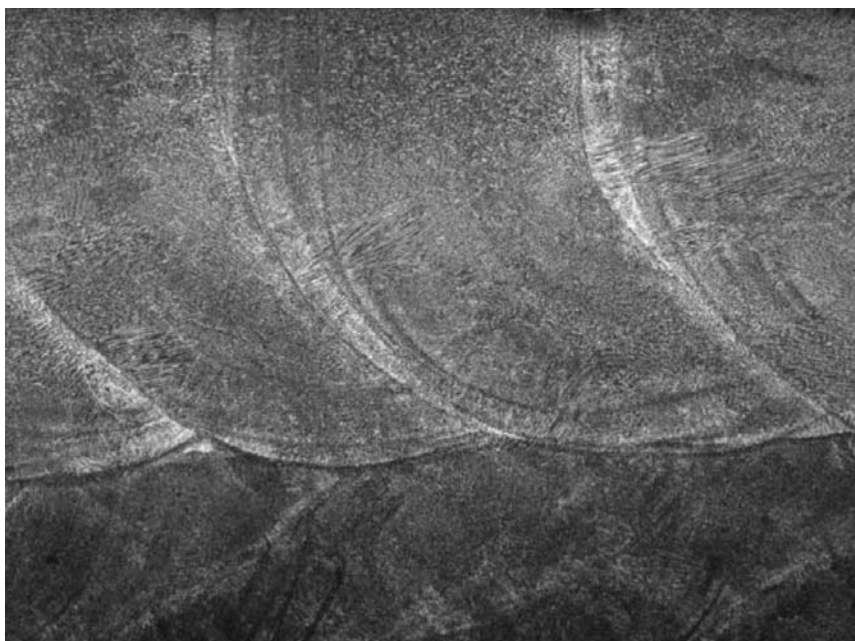



Figura 1 – Dettaglio di una sezione macrografica eseguita durante la caratterizzazione dei risultati

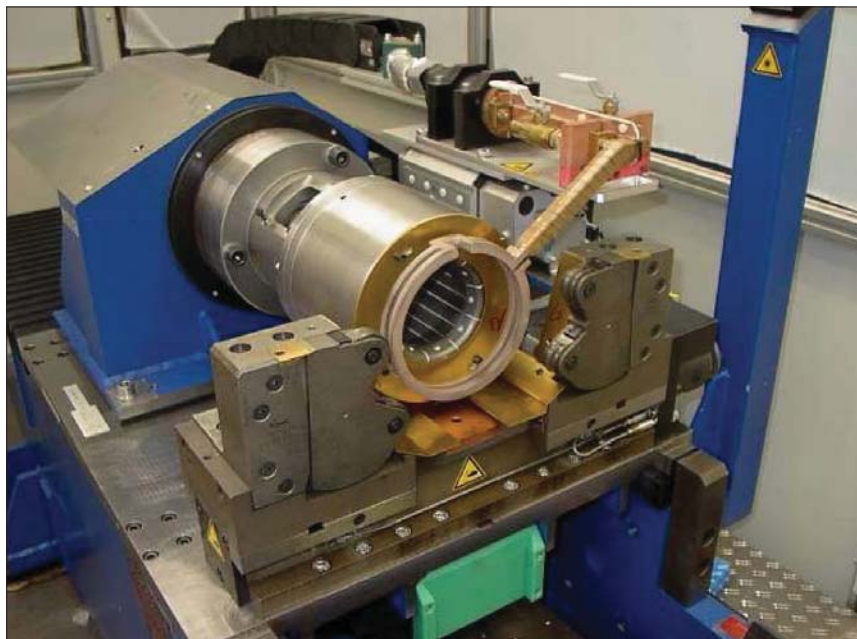



Figura 3 – Particolare del sistema di fissaggio con dispositivo di riscaldamento induttivo

miere ma di grande potenziale interesse per varie applicazioni, ad esempio il settore delle costruzioni di materiale rotabile ferroviario.
Le attività sperimentali sono state condotte in assenza dei tradizionali riferimenti impiegati per la saldatura di semilavorati convenzionali, come ad esempio livelli di qualità per la difettologia e modalità di conduzione e valutazione delle prove non distruttive, aspetti che hanno incrementato ulteriormente la valenza del lavoro svolto; da non trascurare, tra l'altro, l'effetto negativo di agenti schiumogeni utilizzati per la fabbricazione dei pannelli sulla uniformità delle passate di saldatura, già sensibili allo sviluppo di inclusioni gassose per le specificità del processo e del materiale base in sé.
I risultati sperimentali, di particolare interesse, hanno evidenziato una notevole variabilità in relazione alla tipologia di lega saldata (tipicamente, nel confronto tra leghe appartenenti al sistema Al - Mg ed al sistema Al - Mg - Si); interessante il confronto con il processo Laser – TIG, nel quale la torcia TIG è sembrata indurre un effetto di stabilizzazione nei confronti della testa Laser, con risultati confortanti anche in termini di diminuzione della resistenza meccanica e della durezza in ZTA per effetto dei noti fenomeni di softening. L'ultima presentazione della mattina è stata quindi svolta dell'Ing. Alberto Cavallini (Saldatura di alti spessori con sorgenti allo stato solido e sorgenti CO_2), il cui obiettivo era evidentemente descrivere le attuali potenzialità del processo nell'ambito della saldatura di elevati spessori, applicazione piuttosto ostica per il Laser, vincolato per tradizione da limiti tecnologici, in questo specifico ambito.
Dopo una completa panoramica relativa alle principali tipologie di sorgente, la presentazione ha quindi analizzato alcune interessanti applicazioni, come ad esempio la saldatura di rinforzi di ponti navali, del rame DHP, con laser a disco da 8 kW, di assali di camion e di tubi per il settore dell'energia.
I lavori del Convegno sono quindi stati interrotti dalla colazione di lavoro, preparata proprio nella hall di fronte alla sala in cui si è tenuto il Convegno, per riprendere successivamente, intorno alle 14:30, con il programma del pomeriggio. La prima delle tre presentazioni del pomeriggio è stata curata dall'Ing. Mauro Monti, in rappresentanza di IPG Photonics Italy Srl, la cui presentazione (Applicazione della saldatura Laser a tubi di acciaio inossidabile nel settore petrolchimico) è stata strutturata su una applicazione effettivamente non convenzionale per il processo Laser, come suggerito dal titolo della presentazione stessa.

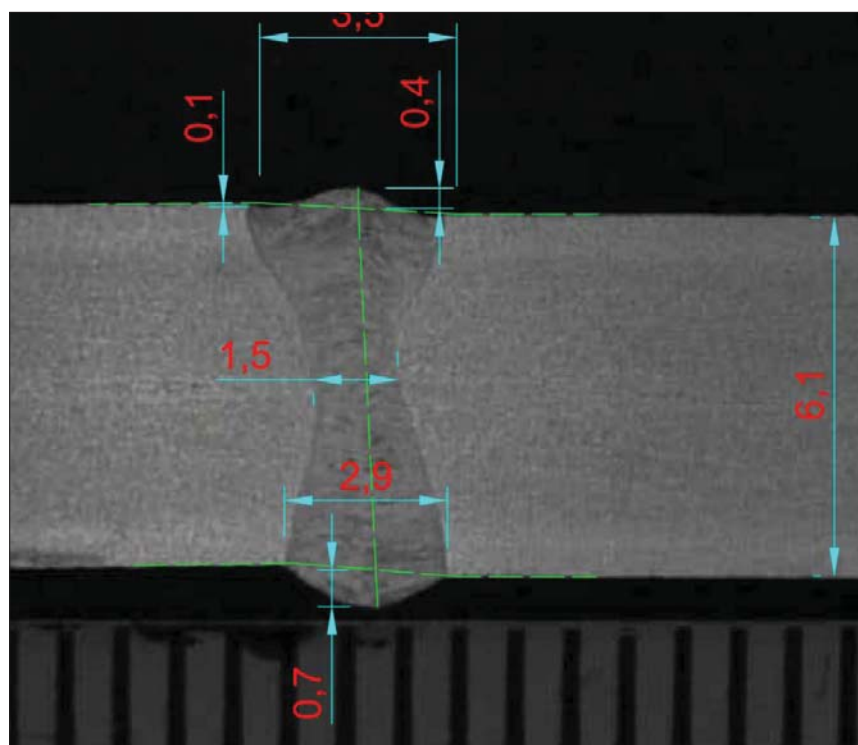



Figura 4 – Caratteristiche morfologiche del giunto realizzato su acciaio AISI 304, spessore 6.1 mm

Figura 5 – La testa per saldatura Laser Ibrido MAG denominata Hybrio^{TM}

Figura 6 – Lo schema dei percorsi di qualificazione EWF per Figure di Coordinamento nella tecnologia Laser

La presentazione ha introdotto ai partecipanti, in modo puntuale, le problematiche caratteristiche della saldatura degli acciai inossidabili austenitici come l'AISI 304, oggetto della presentazione, arrivando successivamente a descrivere le attività condotte con sorgenti a fibra (potenza 10 kW) e Robot Motoman UP-50N.

Di particolare interesse le attività svolte per la caratterizzazione del fascio, illustrate dall'Ing. Monti e le successive prove non distruttive, che hanno visto l'impiego tra l'altro di tecniche RTD, per confronto con analoghi saggi saldati con tradizionale tecnologia TIG. La ricca e successiva caratterizzazione con prove meccaniche e microstrutturali ha evidenziato la corretta morfologia dei giunti e valori di FN accettabili, per il grado del materiale considerato. Nella sostanza, una prova di sicuro interesse, che si presta ad ulteriori sviluppi ed ottimizzazioni.

Il pomeriggio è proseguito quindi con l'intervento di ESAB Saldatura in materia di "Processo di saldatura Laser ibrido autoadattivo", a cura di Lorenzo Baldasarre e Alberto Chiariglione, i quali hanno analizzato le caratteristiche tecniche di una recente proposta del Gruppo svedese, evidenziandone la maggiore flessibilità nel caso di giunti caratterizzati da luci (gap) variabili o non ripetitivi grazie appunto alla capacità di adattarsi alle condizioni attuali di saldatura, con evidenti vantaggi nelle condizioni operative in termini di completezza della penetrazione e della morfologia della passata; interessante, inoltre, la possibilità di integrare la tecnologia nell'ambito di stazioni flessibili di saldatura.

Le presentazioni sono state quindi completate dal secondo intervento curato direttamente da IIS, in questo caso dall'Ing. Luca Costa (Certificazione dei processi e degli operatori di saldatura. Schemi di qualificazione delle Figure di Coordinamento), il quale ha analizzato le modalità del controllo del processo di saldatura Laser, illustrando le caratteristiche della normativa internazionale in materia di stesura delle Welding Procedure Specification (EN ISO 15609-4) e di qualificazione delle procedure (EN ISO 15614-11). L'analisi è quindi passata ad illustrare le recenti novità in tema di qualificazione delle Figure di Coordinamento, per le quali la European Welding Federation (EWF) ha modificato la propria Linea Guida, rendendola maggiormente congruente con le recenti evoluzioni dei processi di saldatura e taglio, con la possibilità di offrire agli interessati un quadro flessibile ed ampio, in grado di abbracciare le principali casistiche produttive.

La successiva tavola rotonda, superata la consueta ritrosia ad iniziare la discussione, ha concentrato soprattutto l'attenzione sul tema dei possibili utilizzatori della tecnologia, con numerosi interventi volti ad analizzare il reale interesse da parte delle piccole e medie imprese (peraltro ampiamente rappresentate tra i partecipanti) all'implementazione del processo.

Nella sostanza, tornando al tema stesso della giornata, è possibile concludere che la tecnologia è ormai una alternativa ampiamente consolidata rispetto ai processi tradizionali, rispetto ai quali è però possibile affermare che non sempre viene utilizzata in un contesto di controllo del processo gestito con analoghe modalità, fatto che rischia di limitarne le notevoli potenzialità ed abbassare il livello di confidenza, nei suoi confronti, da parte di nuovi, possibili utilizzatori.

Dott. Ing. Michele Murgia
Responsabile Divisione Formazione IIS
Redattore Capo
Rivista Italiana della Saldatura

CULTURA
PASSIONE
STORIE
TECN'È
Technology is life
EVENTI
PROGETTI
PERSONE
FUTURI
WEB
SISTEMI
TECNOLOGIA
INFORMAZIONE
www.openfactory.eu
www.enjoyadv.it

Incontro con…

Alessandro Santoro

E' Direttore Generale dell'UNI dal settembre 2003.
Svolge la sua attività nell'Ente a partire dal luglio 1992 come Dirigente responsabile della Sede Centro-Sud. Dal gennaio 1995, trasferitosi a Milano, assume l'incarico di Direttore Gestionale e si occupa della riorganizzazione dell'area amministrativa, commerciale ed informatica dell'Ente. Dal settembre del 2000, per tre anni, è Direttore Operativo, riorganizzando anche l'area tecnica.
Collabora alla costituzione di ACCREDIA e fa parte dei Consigli Direttivi di varie organizzazioni del settore normazione ed accreditamento. E' Direttore responsabile della Rivista U&C ed autore di numerosi articoli su quotidiani e riviste di settore.
E' membro del Consiglio di Amministrazione del CEN e rappresenta l'UNI nell'Assemblea Generale dell'ISO.

D Potrebbe inizialmente presentare ai nostri lettori l'UNI ed illustrarne la "mission"?

R *L'UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione - è un'associazione privata fondata nel 1921 e riconosciuta dallo Stato e dall'Unione Europea che studia, approva e pubblica le norme tecniche volontarie consensuali - le cosiddette "norme UNI" - in tutti i settori industriali, commerciali e del terziario (tranne in quelli elettrico ed elettrotecnico). Le norme UNI sono documenti – messi a punto consensualmente dai rappresentanti di tutte le parti interessate - che specificano "come fare bene le cose". La missione dell'Ente è elaborare e pubblicare norme tecniche che contribuiscano al miglioramento dell'efficienza e dell'efficacia del sistema economico e sociale italiano, e che supportino l'innovazione tecnologica, la competitività, la promozione del commercio, la protezione dei consumatori, la tutela dell'ambiente, la qualità dei prodotti e dei processi. Inoltre le norme tecniche hanno sempre più un ruolo sociale: possono infatti colmare - con riferimenti certi e condivisi - i "vuoti" del sistema socioeconomico (cioè le aree prive di riferimenti), per evitare che in esse dominino l'incertezza, le posizioni di forza e il potere basato sui pareri e sulle interpretazioni, mentre le norme fanno chiarezza e quindi danno spazio solo ai diritti e ai doveri, con garanzie per tutti e senza indebiti vantaggi per nessuno.*

D Come ha inciso l'avvento del CEN sull'attività di normazione dell'UNI?

R *Nonostante la fondazione del Comitato Europeo di Normazione risalga al 1975, l'impatto sulla comunità degli enti di normazione, sugli esperti, ma soprattutto sulle organizzazioni utilizzatrici di norme tecniche ha iniziato a farsi sentire dal 1985 in poi, in conseguenza della "Risoluzione del Consiglio delle Comunità europee relativa ad una nuova strategia in materia di armonizzazione tecnica e normalizzazione (85/C136/01)": la cosiddetta filosofia del "Nuovo Approccio". Per garantire la rimozione delle barriere tecniche, perseguire l'armonizzazione legislativa e creare un "mercato unico europeo" fu creato quel meccanismo virtuoso che parte dalla pubblicazione di direttive europee che si limitano a definire requisiti essenziali relativi alla sicurezza e alla salute dei cittadini e alla protezione dell'ambiente, prosegue demandando al CEN l'emanazione di norme che ne precisino le caratteristiche prestazionali e i metodi di prova e si conclude con la disponibilità di riferimenti certi, uniformi in tutta Europa - le norme armonizzate - e pronti ad essere utilizzati (anche dalle imprese più piccole o addirittura micro e artigianali) in un mercato di oltre 500 milioni di persone.*
Da potenziale residuale elemento di protezionismo nazionale, la normazione tecnica diventò quindi strumento

di apertura dei mercati. Gli enti di normazione quindi hanno dovuto adottare una forma mentale e organizzativa adatta a massimizzare il ritorno di tale cambiamento per il proprio Paese: creare gli organi tecnici di interfaccia nazionale ai technical committee, identificare i settori nei quali era necessario assumere una leadership normativa per tutelare le proprie "specificità Paese" (assumendo presidenze, segreterie e convenorship degli organi tecnici CEN), selezionare le delegazioni nazionali e creare anche delle reti di alleanze con altri enti di normazione su tematiche di interesse comune. Ha inoltre comportato nuovi impegni anche a livello istituzionale (nel Consiglio di Amministrazione e nel massimo organo tecnico "Bureau Technique" con continuità dalla fondazione, la presidenza CEN nel biennio 1993-94) e negli organi di indirizzo sia strategico che tecnico; ricordo in modo particolare il lavoro svolto dall'UNI nell'ambito del gruppo di lavoro incaricato di definire le linee guida e le specifiche tecniche per i servizi a supporto della gestione elettronica dei comitati tecnici del progetto europeo Internet Network for European Standardization (INES) destinato ad influenzare le decisioni di tutti gli NSB su temi come gli e-committee (in Italia: UNIONE) e il commercio elettronico. Nel passaggio alla predominanza delle norme di origine europea (oggi pari al 85% della produzione annua) quello che si è perso in termini di possibilità di plasmare il contenuto delle norme secondo gli interessi puramente locali è comunemente ritenuto dagli operatori ampiamente compensato dalle opportunità di mercato ad essa connesse e dalla sinergia con la legislazione: rispettare i requisiti di legge (cioè i dettami delle direttive nuovo approccio) tramite l'uso delle norme tecniche è unanimemente riconosciuta come un'enorme facilitazione. L'ultimo tipo di impatto è stato a livello di immagine e di conoscenza: il legame tra legislazione europea e normazione ha dato grande visibilità a quest'ultima a livello di impresa, di cliente/consumatore finale e anche di Pubblica Amministrazione. L'esempio positivo della sinergia tra direttive europee e norme tecniche ha progressivamente ridotto (anche se ancora non del tutto) la ritrosia del legislatore a fare riferimento a soluzioni "di terzi" per integrare i dispositivi cogenti con riferimenti tecnici "a norma" sempre aggiornati: il caso più eclatante è la legge 46/1990 (ora DM 37/2008) sulla sicurezza degli impianti domestici, ma sono centinaia attualmente i casi di provvedimenti legislativi che fanno riferimento (obbligatorio o facoltativo, puntuale o generico) alle norme, dal settore delle costruzioni all'antincendio, dagli ascensori all'illuminazione delle gallerie, dalla sicurezza sul lavoro a quella degli sport invernali, dai sacchetti della spesa all'abbigliamento per bambini, dalle sigarette autoestinguenti alle attrezzature per il fitness…

D Quali sono secondo Lei i vantaggi che la normativa nazionale ed internazionale ha oggi sulle aziende, in un mercato sempre più globale?

R *Al di là dei valori che si sono man mano - storicamente - consolidati nell'opinione e nel vissuto degli utilizzatori (eliminazione degli sprechi, miglioramento della comunicazione, trasferimento tecnologico e innovazione, apertura di nuovi mercati, sicurezza dei lavoratori e degli utilizzatori, tutela dell'ambiente) il grande vantaggio che le aziende iniziano a percepire è quello strettamente economico: a livello macro vi sono oramai numerosi recenti studi che quantificano in valori compresi tra 1% (Nuova Zelanda), 0,8% (Germania e Francia) e 0,3% (Regno Unito) il contributo della normazione alla crescita del PIL, uno studio canadese ha quantificato nel 9% l'aumento del PIL da ascriversi agli effetti della normazione nel periodo 1981-2004.*

A livello microeconomico i dati sono ancora estremamente limitati ma ISO sta applicando una metodologia di calcolo ad alcune realtà significative (ad esempio in Italia stiamo collaborando ad uno studio con MAPEI) che dai primi casi fa emergere che la quota delle vendite aziendali realizzate grazie all'uso delle norme internazionali ISO (in qualsiasi fase di realizzazione del prodotto e della sua successiva commercializzazione) può arrivare fino al 50% del totale, mentre a livello di profitti prima delle tasse la quota attribuibile all'effetto dell'uso delle norme è di circa il 10%: si tratta di numeri significativi che – probabilmente – riusciranno a cancellare il pregiudizio di tanti amministratori delegati che le norme sono "una questione da tecnici..."

D Recentemente si è molto parlato della possibilità di disciplinare l'attività di normazione e certificazione delle figure professionali non regolamentate. Ci può spiegare quale è l'attività di UNI in questo settore? Quale è il criterio per stabilire quali sono le figure professionali non regolamentate?

R *Di recente si è molto parlato di questo "nuovo" filone di attività di normazione, ma ci si è dimenticati che UNI*

ha una storia abbastanza lunga e significativa nel campo della normazione dei requisiti professionali, che ha prodotto norme - ad esempio - come quelle per il personale addetto alle prove non distruttive (UNI EN 473), per gli addetti agli impianti di refrigerazione e pompe di calore (UNI EN 13313), per il personale che opera nel campo della protezione catodica (UNI EN 15527), per gli istruttori subacquei (UNI EN 14467) e per i pianificatori finanziario-economico-patrimoniali personali (UNI ISO 22222) che a livello europeo ed internazionale sono diventate forti punti di riferimento per i corrispondenti mercati di competenza, ma che, in assenza di una disciplina di inquadramento, difficilmente possono dare risposta alle aspettative delle professioni e del mercato. Il cambiamento di passo è stato determinato dalla volontà dell'Ente di rispondere "all'appello alla trasparenza" delle professioni non regolamentate, finalizzato alla valorizzazione delle professionalità più serie e alla tutela dei clienti-consumatori, nonché dall'accelerazione dell'iter legislativo che languiva da anni. Ciò ci ha portato ad essere chiamati dal Ministero dello Sviluppo Economico al Tavolo delle Professioni non regolamentate, in seno al quale si sono create le condizioni affinché i numerosi disegni di legge venissero unificati in una riformulazione - al momento di scrivere approvata dalla Camera e in discussione al Senato - dove la tutela dei clienti e la qualificazione delle professioni non regolamentate viene raggiunta tramite l'autoregolamentazione volontaria basata sul rispetto delle norme UNI.
Abbiamo quindi costituito un'apposita commissione tecnica, "Attività professionali non regolamentate", con un mandato ben preciso:

- *definire e qualificare le specifiche attività professionali non regolamentate;*
- *fornire all'utente un riferimento certo (stato dell'arte/standard) sul contenuto delle attività professionali;*
- *definire i requisiti delle figure professionali (conoscenza, abilità, competenza, formazione) secondo il quadro europeo delle qualifiche (EQF) per il riconoscimento transnazionale delle professioni.*

Il primo dei tre compiti citati è sicuramente il più delicato, per questo la commissione – pur escludendo dall'attività di normazione tutte quelle ricomprese nell'elenco delle professioni regolamentate ai sensi della Direttiva 2005/36/CE e tutte le altre espressamente citate da provvedimenti di legge nazionali – valuta con estrema attenzione e prudenza le richieste avanzate dalle varie professioni "non regolamentate" nonché le relative interrelazioni e conseguenze. Operativamente, la commissione ha solo il ruolo di coordinamento generale, affidando ai suoi gruppi di lavoro la competenza ad elaborare le specifiche norme.

I gruppi devono però essere composti dai rappresentanti di tutte le categorie potenzialmente interessate al progetto di norma, tre di queste devono essere obbligatoriamente presenti, informate, coinvolte nelle approvazioni. Altre tre sono coinvolte solo se direttamente interessate.
Per evitare uno sbilanciamento di presenze, soprattutto nella fase di approvazione, abbiamo introdotto – in via del tutto sperimentale – il criterio di voto ponderato, fondato sulla pari rappresentatività per categorie, a prescindere dal numero di rappresentanti aventi diritto o votanti. Inoltre abbiamo definito uno schema unico di riferimento su come dovranno essere elaborate le norme che si riferiscono a tali attività, affinché – grazie alla stessa "struttura" – esse possano essere facilmente confrontabili, anche ai fini di una successiva valutazione di conformità.
Attualmente sono stati costituiti dieci gruppi di lavoro e alcuni sono molto avanti nei lavori (patrocinatori stragiudiziali del danno, fotografi, chinesiologi, osteopati, comunicatori…): i primi quattro progetti di norma andranno in inchiesta pubblica nel corso dell'estate.

D **La decisione di UNI di contemplare nel suo Regolamento l'inchiesta preventiva sugli argomenti normativi allo studio è stata dettata da una volontà di adeguamento alle procedure del CEN e ISO o è stata registrata la necessità, per la normativa nazionale, di intraprendere questa azione?**
Non c'è in qualche modo il rischio di frenare l'attività normativa nazionale?

R *Non c'è nulla di analogo in CEN e ISO! A guidarci in questa direzione è stata la richiesta del mercato di svolgere la nostra attività in modo sempre più efficiente e veloce: voluta per evitare i rallentamenti - e il rischio di abbandono dei lavori - dovuti ad una non condivisa progettazione della possibile norma, in effetti l'inchiesta pubblica preliminare si è rivelata un valido strumento di trasparenza del processo di normazione tecnica volontaria. Infatti, solo vagliando preventivamente le concrete esigenze del mercato è possibile avviare in*

maniera utile ed efficace i lavori di normazione, perché lo sviluppo di una norma deve aver luogo solo di fronte a un reale beneficio e individuando tutti i soggetti significativi degli interessi in gioco (anche stakeholder ordinariamente non direttamente coinvolti nel processo di normazione), in modo che ci sia una rappresentanza adeguata. Ad oggi posso dire che è un'esperienza positiva che – in circa un anno e mezzo – ha permesso almeno in un caso di evitare i problemi connessi al proseguimento dell'iter di normazione, risolvendo invece fin da subito tutte le altre criticità segnalate: nessun freno all'attività di normazione, quindi, anzi il maggiore consenso la aumenta, la velocizza e la rende più forte.

D Qual è stata la sua esperienza in qualità di Presidente del Comitato di Accreditamento di Accredia? Che ruolo ha UNI nell'Ente Nazionale di Accreditamento?

R *Tenendo in mente gli obiettivi che una buona norma può raggiungere se, a valle, esiste una corretta modalità di controllo e certificazione della sua applicazione, i già consolidati rapporti con ACCREDIA sono stati migliorati ulteriormente, anche con la mia assunzione della Presidenza del Comitato di Accreditamento.*

Ho accettato questo incarico sia per dare continuità al progetto del compianto Ing. Manfredo Golfieri, caro amico e professionista risultato essenziale nel processo di unificazione degli enti di accreditamento nazionali, sia per poter contribuire ad un corretto processo di rivisitazione della regolamentazione generale e tecnica di ACCREDIA che notoriamente pone i suoi riferimenti nella normativa consensuale. Questo Comitato statutariamente non gestisce direttamente le pratiche di accreditamento, di competenza degli attuali otto Comitati Settoriali (CsA), ma deve assicurare l'omogeneità di intervento attraverso monitoraggi in itinere e la gestione di un'adeguata regolamentazione di riferimento.

In effetti ACCREDIA, nascendo originariamente dalla confluenza di tre entità diverse (SINAL, SINCERT, SIT) è stata costituita assorbendo le originali regolamentazioni che, pur essendo tutte validate da EA, avevano delle particolarità da armonizzare: ad esempio sul ruolo dei relatori nei CsA, nella scelta, formazione ed aggiornamento degli ispettori, sul "peso" del giudizio dato per le osservazioni, rilievi e non conformità ai fini del rilascio dell'accreditamento, e così via.

Un capillare lavoro di approfondimento ha consentito di individuare le modifiche ed integrazioni da apportare ai Regolamenti Generali, tutte approvate all'unanimità dal Comitato di Accreditamento.

Con l'approvazione della revisione complessiva dei principali Regolamenti Generali - in questo momento sottoposti alla messa a punto redazionale prima della emanazione ufficiale da parte del Consiglio Direttivo - si è concluso il mandato triennale del Comitato e io ritengo esaurite di fatto le motivazioni alla base del mio mandato. Il rinnovo di tutti gli organi sociali sarà l'occasione per razionalizzare la nostra presenza in quelli più operativi (e fare rientrare alcune risorse a tempo pieno nell'Ente per attendere i compiti – impegnativi – che ci aspettano nei prossimi mesi) mantenendo il giusto ruolo e presenza in quelli strategici.

La normazione non è fine a se stessa: un sistema di regole non deve solo essere condiviso, ma deve essere applicato, per questo ha bisogno di adeguata sorveglianza e monitoraggio. In prospettiva ritengo che la forza e la credibilità dell'ente unico di accreditamento siano dei valori che è interesse di tutti tutelare, affinché l'intera filiera normazione – accreditamento – certificazione possa dare alle imprese, ai consumatori e alla Pubblica Amministrazione i valori attesi e le garanzie richieste. ACCREDIA deve quindi consolidare definitivamente il proprio ruolo nel settore cogente, senza disperdere le proprie energie in attività di "para" o "pre" normazione che non le competono e per le quali UNI è in grado di fornire risposte grazie a procedure più snelle, tempi più ridotti e - anche - nuovi strumenti come le "Prassi di riferimento".

Siamo certi che la certificazione di conformità può essere realmente efficace, soprattutto nell'interesse dell'utente, solo se trova riferimento in un documento normativo, unico e condiviso.

D Ha citato le prassi di riferimento: di cosa si tratta?

R *E' la risposta ai mercati che cambiano… Si tratta di una forma di documento para-normativo nazionale che nasce dalle iniziative già perseguite da ISO, CEN e numerosi enti di normazione nazionali di disporre di una modalità di condivisione e formalizzazione di contenuti tecnici innovativi - spesso sulla base di documenti già consolidati in forma privata o consorziata - nella quale la limitazione del coinvolgimento delle parti interessate (e quindi del livello di consenso) sia funzionale alla rapidità dell'iter e quindi al ruolo di trasferimento della conoscenza richiesto al mondo della normazione.*

Le prassi di riferimento sono documenti che introducono prescrizioni tecniche o modelli applicativi settoriali di norme tecniche, elaborati sulla base di un rapido (al massimo 8 mesi dall'approvazione della richiesta) processo di condivisione ristretta ai soli autori, verificata l'assenza di norme o progetti di norma allo studio sullo stesso argomento.

Poiché non sono documenti normativi, sono elaborate in appositi "Tavoli" indipendenti dagli organi tecnici del Sistema UNI ma comunque sotto la conduzione operativa dell'UNI, che ne cura anche la pubblicazione. Gli autori sono anche i committenti del lavoro, poiché sono tenuti a firmare un contratto che - oltre a specificare il titolo, lo scopo, le risorse, i tempi… - definisce anche gli aspetti economici connessi al finanziamento della realizzazione della prassi. Naturalmente il "profi-

lo" del committente/autore deve assicurare una rappresentatività ampiamente riconosciuta dal mercato: per esempio può essere un'entità pubblica o un consorzio di organizzazioni.
Le prassi di riferimento sono strumenti al servizio della normazione e del mercato: nell'ottica del miglioramento continuo il Sistema UNI deve dotarsi di processi e strumenti capaci di rispondere alle sollecitazioni del mercato, che richiede tempi sempre più ridotti ed interventi a valore aggiunto.
Questa forma di pubblicazione - che trasforma l'autoreferenzialità in autoregolamentazione - va nella direzione auspicata di accrescimento della cultura dell'innovazione e di preparazione dei contesti di sviluppo per le future attività di normazione. Attualmente è stato approvato lo studio di quattro progetti di prassi (Linea guida all'asseverazione nel settore costruzioni; Requisiti per la sicurezza, la qualità, la fruibilità e la sostenibilità dei servizi erogati dagli stabilimenti balneari; Procedure di sicurezza negli stabilimenti di stampa industriale; Linea guida per i servizi di tracciamento di flotte di automezzi pesanti adibiti al trasporto di merci pericolose) che potrebbero concretizzarsi nella pubblicazione già entro quest'anno.

D Cosa si aspettano dalla normazione le istituzioni europee nel futuro?

R *Negli ultimi anni le istituzioni europee hanno posto maggiore attenzione sul ruolo della normazione tecnica volontaria nell'ambito della politica industriale comunitaria. In un sistema economico sempre più globale e in una società in rapida evoluzione, infatti, "competitività" e "sostenibilità" sono princìpi imprescindibili di ogni attività di impresa in cui efficienza, produttività e capacità di innovazione sono requisiti fondamentali. l'Europa oggi riconosce che le norme svolgono un ruolo importante nel facilitare la penetrazione sul mercato di beni innovativi e nel ridurre i costi di produzione.*
Vale a dire che la normazione tecnica è un perno fondamentale dell'intero sistema industriale ed è uno strumento e un'opportunità di sviluppo che va opportunamente seguita e incrementata.
Per questo l'efficienza e l'efficacia della normazione europea devono essere ottimizzate promuovendo la messa a punto di strutture rafforzate per l'armonizzazione delle norme, migliorando i processi di definizione delle norme a tutti i livelli ed assicurando la rapida adozione delle migliori norme disponibili su scala mondiale.
Da queste dichiarazioni di principio sono scaturite delle decisioni del Parlamento Europeo (la "Risoluzione sul futuro della normazione europea" dell'ottobre 2010) e della Commissione Europea (la bozza di "Regolamento per la revisione del sistema europeo di normazione" COM 315 del giugno 2011) sulle quali l'UNI – sia tramite il proprio personale che presidia queste attività, sia tramite la rete di contatti a Bruxelles, sia grazie alla collaborazione di europarlamentari nazionali che hanno compreso l'importanza della normazione (in particolare l'On. Lara Comi in IMCO) e di rappresentanti di impresa che "vivono la normazione" (Antonello Pezzini al CESE) – ha influito significativamente.
Le istituzioni comunitarie ritengono che la normazione europea vada migliorata - ma non stravolta - per accelerare, semplificare e modernizzare le procedure nei seguenti modi:

- *promuovendo il maggior numero di norme nei settori economici in cui l'Unione è leader mondiale,*
- *sviluppando norme per i servizi, in particolare per la manutenzione nel campo high-tech,*
- *usando la normazione negli appalti pubblici, anche grazie al supporto delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione,*
- *riducendo i tempi di elaborazione delle norme tecniche europee,*
- *coinvolgendo maggiormente nei processi di normazione le organizzazioni che rappresentano i soggetti "deboli" come consumatori, micro e piccole imprese, organizzazioni ambientaliste e sociali.*

Per quanto ci riguarda - e ci compete - a livello nazionale siamo già attivi in queste direzioni: in particolare per la riduzione dei tempi e per il coinvolgimento dei "soggetti deboli".

D Intende il rapporto con i consumatori?

R *Si ma non solo. Con il Consiglio Nazionale dei Consumatori e degli Utenti (CNCU) abbiamo siglato un protocollo di intesa finalizzato ad avviare e consolidare un dialogo sistematico per la realizzazione di progetti comuni e che dia voce alle esigenze dei consumatori nel processo di elaborazione delle norme volontarie in settori di particolare interesse consumeristico: il protocollo prevede diversi piani di collaborazione, dalla formazione degli operatori delle associazioni, all'aggiornamento continuo, ma soprattutto la partecipazione delle associazioni dei consumatori al processo normativo svolto dalle commissioni tecniche UNI.*
Alle piccole e microimprese - anche individuali - cerchiamo di avvicinarci soprattutto con la rete dei Punti UNI, centri di prima informazione e consultazione gratuita delle norme, che negli ultimi anni si è fortemente sviluppata grazie ad accordi con le principali confederazioni nazionali: localizzando i Punti UNI presso le sedi provinciali possiamo (nel breve periodo) abbattere le barriere alla conoscenza e all'uso delle norme e (nel medio/lungo termine) inserire i feedback nel processo normativo per fare sì che le microimprese si rispecchino nella normazione e ne ottengano maggiori vantaggi nell'interesse dell'intero sistema socioeconomico.

Abbiamo provato per voi...

Torcia per Taglio Plasma Trafimet Ergocut S65

1. Presentazione del prodotto

Il prodotto che si andrà a testare in questa quarta uscita della Rubrica "Abbiamo provato per voi..." è la torcia per taglio plasma Ergocut S65, prodotta da Trafimet.
Nella Figura 1 è presentata la torcia oggetto dell'articolo.
La torcia, come suggerisce la designazione commerciale S65, appartiene alla serie S, cioè la serie di torce Trafimet per taglio plasma che, a differenza della serie A, prevede l'innesco senza alta frequenza garantendo, pertanto, un minor disturbo elettromagnetico e minor stress elettrico della torcia e dei relativi cavi di collegamento.
La torcia Ergocut S65 viene presentata a completamento della gamma, come un "anello di congiunzione" tra la S45 e la S75, con vantaggi, sia dal punto di vista dei consumi di gas che di usura dei componenti.
L'azienda produttrice ci ha gentilmente fornito un'anteprima della presentazione del prodotto che ne mette in luce i punti di forza, oggetto della campagna pubblicitaria della Nuova Ergocut S65. La brochure di presentazione riporta inizialmente, oltre all'immagine della torcia S65, le principali caratteristiche tecniche, quali la pressione ed il consumo di gas, i parametri elettrici massimi impiegabili e lo spessore massimo tagliabile. Per quanto riguarda il gas utilizzato, si tratta di aria compressa alla pressione di 4 bar e portata di 100 l/min, a differenza delle torce S45 ed S75 che prevedono l'impiego di aria compressa a 5 bar con una portata pari rispettivamente a 115 l/min e 150 l/min. Gli spessori massimi tagliabili vanno da 16 mm, per i quali viene garantito un taglio netto, con ottima finitura, fino a 20 mm, dove invece si garantisce la sola separazione dei pezzi. Anche in questo caso la torcia S65 si pone a metà strada tra la S45 e la S75, in quanto la prima presenta come spessori massimi di taglio e di separazione rispettivamente 8 e 12 mm, mentre la seconda assicura un taglio netto fino a 18 mm ed una separazione sino a 23 mm. Successivamente vengono presentati i parametri di settaggio del generatore, del flusso di gas ed infine di taglio, riportati rispettivamente nelle Tabelle 1, 2 e 3.
Nella presentazione tecnico – commerciale vengono quindi messi in evidenza i punti di forza del prodotto, quali l'ottima qualità delle superfici di taglio, evidenziata nella brochure di presentazione dall'immagine riportata in Fi-

Figura 1 - Torcia per taglio plasma Ergocut S65

(*) *Redazione a cura della Divisione Formazione IIS, Ing. Giovanni Garbarino. Prove condotte in collaborazione con il Laboratorio IIS.*

gura 2, che rappresenta una superficie in acciaio al carbonio bassolegato di spessore 10 mm tagliata con la torcia Ergocut S65 e la minor usura dei consumabili, messa a confronto con prodotti analoghi delle ditte concorrenti (Fig. 3). Vengono presentate, infine, le due possibili configurazioni della torcia di taglio plasma Ergocut S65, denominate rispettivamente STANDARD e DRAG (Fig. 4).

Nella configurazione STANDARD i ricambi sono studiati per effettuare tagli agevoli nelle condizioni operative più comuni. La configurazione suddetta prevede, infatti, la presenza di un distanziale (Fig. 5) che permette l'esecuzione di tagli con una distanza ugello - pezzo fissata a 3,5 mm.

La configurazione DRAG, invece, è stata progettata per l'esecuzione di tagli dove gli ingombri possono rappresentare un problema (ad esempio negli scatolati). Il terminale dell'ugello, in questo tipo di configurazione, risulta essere più contenuto e consente il taglio a contatto, come si può notare nella Figura 6. Tale configurazione, inoltre, rispetto alla STANDARD, comporta una maggiore costrizione del flusso di gas che affluisce all'ugello con conseguente maggior raffreddamento sia della torcia stessa, che della superficie del materiale soggetto al taglio.

Viene messa in evidenza, infine, la nuova impugnatura di questa torcia, che permette una presa ergonomica garantendo maggiore comfort all'operatore e precisione nell'utilizzo, a prescindere dalle condizioni operative di taglio. Va ricordato, infine, che come già detto nella presentazione dei precedenti prodotti, questa Rubrica non si prefigge scopi pubblicitari, né tantomeno vuole ricalcare le informazioni riportate nella brochure di presentazione, ma semplicemente vuole mettere in evidenza eventuali punti di forza e debolezza del prodotto preso in esame. Nel caso specifico, i criteri di valutazione si riferiranno principalmente alla maggiore o minore facilità di esecuzione del taglio ed alla qualità delle superfici di taglio, caratteristiche comprovate nel

TABELLA 1 - Settaggi consigliati per il generatore della torcia di taglio plasma S65

Power source setting	
Power	60 A 60%
Load voltage	120 V
Pilot current	12 A
Starter	Without high frequency

TABELLA 2 - Settaggi consigliati per il flusso di gas

Air flow setting	
Max cutting current at 60%	60 A
Max cutting current at 100%	45 A
Air pressure	4 bar
Cutting flow rate (tip hole 1,0) std	21 l/min
Total flow rate (tip hole 1,0)	100 l/min
Post flow	60"
Stand off guide (tip/plate distance)	3.5 mm

TABELLA 3 - Parametri consigliati per il taglio dal produttore

Cutting parameters	
Thickness cutting range (tip hole 1,0)	5 ÷ 20 mm
Tip hole 1.0 mm	1.0 m/min
Thickness steel plate 10 mm	

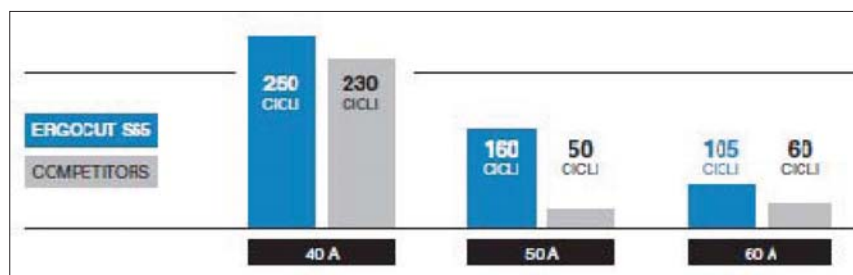



Figura 3 - Confronto dell'usura dei consumabili per diverse correnti di utilizzo (Immagine tratta dalla brochure di presentazione torcia Ergocut S65)

Figura 2 - Superficie di taglio realizzata con torcia plasma Ergocut S65 (Immagine tratta dalla brochure di presentazione della torcia)

Figura 4 - Configurazioni STANDARD e DRAG della torcia di taglio plasma Ergocut S65

primo caso dalle impressioni fornite dai tecnici dell'Istituto Italiano della Saldatura che hanno eseguito diverse prove di taglio, nel secondo caso da un esame visivo, macrografico e delle durezze superficiali con lo scopo di valutare gli effetti e l'estensione dell'alterazione termica dovuta all'operazione di taglio. A titolo puramente esemplificativo, inoltre, sono stati realizzati dei tagli in condizioni identiche (per quanto possibile, trattandosi di processo manuale) con una torcia di taglio plasma di caratteristiche confrontabili, al fine di valutare eventuali differenze sia dal punto di vista della maneggevolezza che della qualità delle superfici di taglio. Infine, poiché si tratta di un processo manuale, dove pertanto l'operatore è a diretto contatto con i fumi derivanti dall'operazione di taglio, si è voluto testare questo aspetto mediante l'utilizzo di appositi strumenti di valutazione della quantità di fumi emessi.

2. Realizzazione dei tagli con torcia plasma Ergocut S65

Prima di procedere all'analisi dei diversi tagli effettuati, può risultare utile riportare i principali fattori di influenza che un processo di taglio termico, in particolar modo di taglio plasma, ha sull'aspetto delle superfici di taglio.

Figura 5 - Terminale dell'ugello STANDARD per torcia Ergocut S65

Il nome "plasma" attribuito a questo processo di taglio (e analogamente al processo di saldatura), si riferisce alle particolari condizioni di generazione dello stesso che garantiscono elevate densità di energia (dell'ordine dei kW/mm²).

La configurazione fondamentale del processo prevede un elettrodo infusibile (Fig. 7) che nel caso trattato è costituito da una pastiglia di afnio, al quale è affidato il compito di generare un arco elettrico in polarità diretta (elettrodo posto al polo negativo); il gas plasma (nel caso in esame aria), fuoriesce da un ugello avente diametro finale inferiore a quello nominale dell'elettrodo (Fig. 8), strozzando, pertanto, l'arco elettrico.

L'arco risulta quindi particolarmente rigido, direzionale ed assume geometria cilindrica o soltanto leggermente divergente.

Figura 6 - Terminale dell'ugello DRAG per torcia Ergocut S65

Figura 7 - Elettrodo con pastiglia in afnio

Figura 8 - Ugello in rame

L'elevata densità di energia tipica di questo processo porta il metallo a diretto contatto con l'arco elettrico a sublimare, cioè a passare istantaneamente dallo stato solido allo stato gassoso; a questo punto il gas di taglio, caratterizzato da un opportuno valore di pressione e portata, consente l'allontanamento dei vapori con successivo sezionamento del metallo.

Ulteriore conseguenza di questa elevata densità di energia è la possibilità di impiegare velocità di taglio elevate (dell'ordine del m/min) con conseguente riduzione delle alterazioni termiche e metallurgiche dei materiali tagliati. In particolar modo la zona termicamente alterata di taglio risulta generalmente estremamente ridotta, con valori inferiori al millimetro nel caso di taglio di acciai bassolegati al carbonio e di qualche millimetro nel

TABELLA 4 - Parametri impiegati nell'esecuzione del taglio plasma con tecnica manuale

Torcia	Spessore [mm]	v di taglio [cm/min]	Corrente [A]	P gas [bar]	Portata gas [l/min]
Ergocut S65 STANDARD	6	100	40	4	100
	12	80	60	4	100
Ergocut S65 DRAG	6	100	40	4	100
	12	80	60	4	100
Altro produttore	6	80	40	4	115
	12	60	60	4	115

caso del taglio di leghe di alluminio.
Riassumendo, gli effetti più tipici del taglio plasma sulle superfici possono essere:

- *incremento della durezza nel caso di acciai bassolegati;*
- *diminuzione della durezza nel taglio delle leghe leggere (come ad esempio leghe di alluminio);*
- *ossidazione superficiale nel taglio con miscele contenenti ossigeno di materiali fortemente reattivi (come ad esempio acciai inossidabili).*

Per quanto riguarda l'aspetto superficiale, si verifica una leggera differenza tra le superfici di taglio.
La sorgente termica, infatti, è un fascio di energia a densità variabile, pertanto la capacità di taglio diminuisce al diminuire dell'energia trasferibile dal fascio al materiale.
L'effetto macroscopico di questo fenomeno consiste in pratica in una conicità del solco di taglio (il fascio perde energia via via che penetra nel pezzo) e nell'irregolarità ed asimmetria della parte inferiore di taglio (dove il fascio perde coesione e stabilità).
A questo va aggiunto il fatto che il materiale, in parte sublimato, ma anche in parte fuso, è soggetto ad un ciclo termico piuttosto severo, cui consegue una rapida risolidificazione del metallo fuso (e, nel caso del taglio con gas ossidante, parzialmente ossidato); questa è la causa della formazione di bave sul bordo inferiore della lamiera (Fig. 9).
Va sottolineato che nell'articolo proposto si sta trattando un taglio con tecnica manuale, pertanto i risultati quanto gli scopi di tale tecnica non possono essere confrontabili con un taglio eseguito in maniera automatica.
Tuttavia, al fine di valutare la qualità di un taglio eseguito con la torcia Ergocut S65, sono stati realizzati tagli su diversi spessori (6 mm e 12 mm) di acciaio al carbonio bassolegato, designato UNI EN 10025-2 S275JR, impiegando entrambe le configurazioni della torcia proposte dalla casa produttrice (STANDARD e DRAG).
Per effettuare un confronto di un qualche rilievo tra i diversi tagli, realizzati a parità di parametri (per quanto possibile trattandosi di un processo manuale), riportati nella Tabella 4, sono stati selezionati tre indicatori della qualità di taglio, di seguito elencati:

- *angolo di inclinazione della su-*

Figura 9 - Esempio di superficie di taglio plasma irregolare con presenza di bave sul bordo inferiore

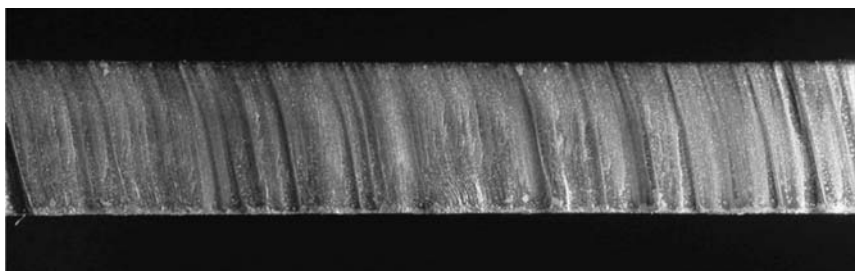



Figura 10 - Taglio al plasma di acciaio al carbonio bassolegato (spessore 12 mm, configurazione STANDARD)

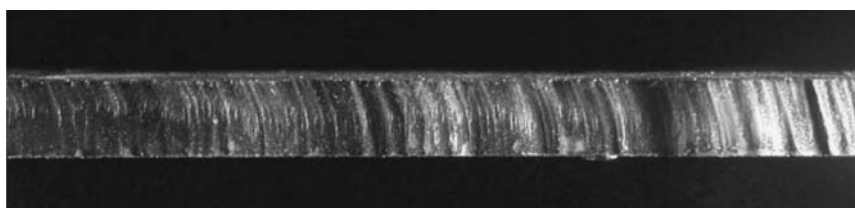



Figura 11 - Taglio al plasma di acciaio al carbonio bassolegato (spessore 6 mm, configurazione STANDARD)

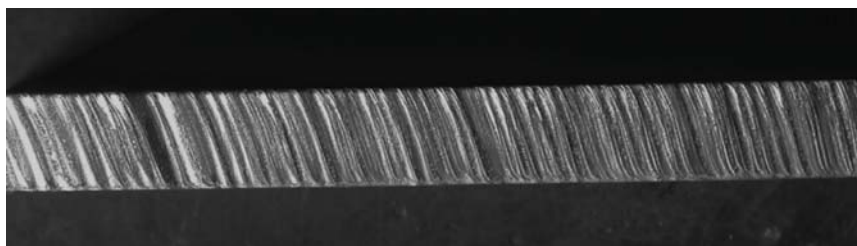



Figura 12 - Taglio al plasma di acciaio al carbonio bassolegato (spessore 12 mm, configurazione DRAG)

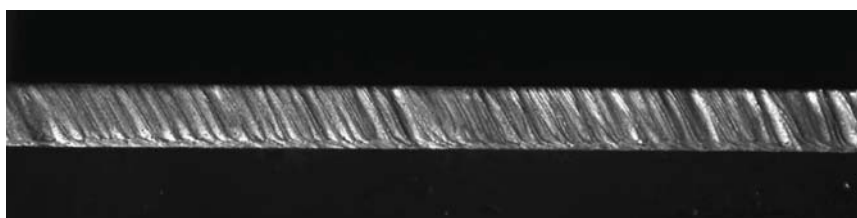



Figura 13 - Taglio al plasma di acciaio al carbonio bassolegato (spessore 6 mm, configurazione DRAG)

perficie di taglio;
- *livello di bava;*
- *aspetto delle superfici.*

2.1 Aspetto delle superfici di taglio

Nelle Figure 10 e 11 sono riportate le superfici di taglio eseguite con la torcia Ergocut S65 in configurazione STANDARD su differenti spessori di acciaio al carbonio bassolegato rispettivamente 12 mm e 6 mm.
Per quanto riguarda questa configurazione della torcia, si nota, a valle di una prima analisi visiva delle superfici di taglio, un angolo di inclinazione, parametro influenzato principalmente dall'altezza alla quale viene posta la torcia, pressochè retto; si può affermare, pertanto, che il valore di 3,5 mm del distanziale torcia - pezzo presente nella configurazione STANDARD della torcia Ergocut S65 consenta l'ottenimento di superfici di taglio pressoché rette. Per quanto riguarda il livello di bava, va notato che la presenza di questa non dipende tanto dalle caratteristiche tecniche della torcia quanto dalle competenze operative di chi esegue il taglio; in particolar modo, un taglio eseguito a velocità di avanzamento troppo elevata comporta una bava molto fine che si salda al lato inferiore della lamiera e deve essere rimossa mediante molatura, un taglio eseguito a velocità di avanzamento troppo basse comporta, invece, una bava di aspetto globulare che si accumula in grandi quantità al bordo inferiore della lamiera. Per evitare la formazione di bave, pertanto, è necessario un'accurata scelta dei parametri, in particolar modo, si tratta in questo caso della velocità di avanzamento; i parametri esecutivi ricavati dalle tabelle di taglio fornite dalla casa produttrice sono risultati sicuramente ottimali al fine di ottenere una superficie di taglio di qualità.
Per quanto riguarda la configurazione DRAG della torcia, nelle Figure 12 e 13 sono riportate le superfici di taglio realizzate sempre manualmente su due diversi spessori di acciai al carbonio bassolegato con parametri esecutivi forniti dalla ditta produttrice. Anche in questo caso si ottengono superfici di taglio rette ed un livello di bava praticamente nullo; questo non sorprende, in quanto le differenze principali tra le due configurazioni si riscontrano di più nel livello di maneggevolezza piuttosto che nell'aspetto delle superfici di taglio.

2.2 Analisi macrografica delle superfici di taglio

Come già sopra riportato, il taglio termico sottopone il materiale ad un ciclo termico che comporta la formazione di una zona termicamente alterata ed un'alterazione microstrutturale delle superfici di taglio funzione della severità del ciclo termico stesso e delle proprietà del materiale base, nonché del suo stato di fornitura.
Caratteristica di un buon taglio termico è sicuramente quella di garantire minime alterazioni della zona interessata; tali fattori sono stati messi in evidenza mediante un'analisi macrografica delle superfici di taglio per evidenziare l'estensione della zona termicamente alterata e da un'analisi delle durezze al fine di valutare eventuali alterazioni microstrutturali del materiale interessato. Nelle seguenti figure si riportano rispettivamente le macrografie della sezione trasversale rispetto alla superficie di taglio realizzato su acciaio al carbonio UNI EN 10025-2 S275JR, spessore 12 mm, con configurazione della torcia STANDARD (Fig. 14) e DRAG (Fig. 15).
Come si nota dalle immagini, in entrambi i casi l'estensione della zona termicamente alterata è inferiore al

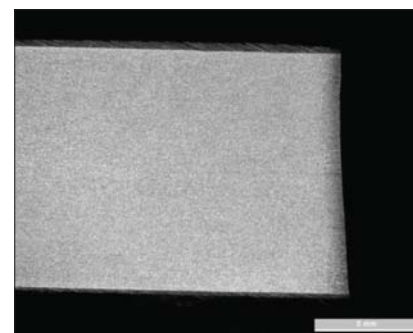



Figura 14 - Macrografia della sezione trasversale al taglio (spessore 12 mm, configurazione STANDARD)

Figura 15 - Macrografia della sezione trasversale al taglio (spessore 12 mm, configurazione DRAG)

millimetro. Analogamente sono state realizzate indagini macrografiche sulle sezioni trasversali al taglio realizzato su acciaio al carbonio UNI EN 10025-2 S275JR, spessore 6 mm, con configurazione della torcia STANDARD (Fig. 16) e DRAG (Fig. 17). Anche in questi due casi l'estensione della zona termicamente alterata dal taglio termico è inferiore al millimetro, indice di una ridotta influenza da parte del ciclo termico sul materiale.

Figura 16 - Macrografia della sezione trasversale al taglio (spessore 6 mm, configurazione STANDARD)

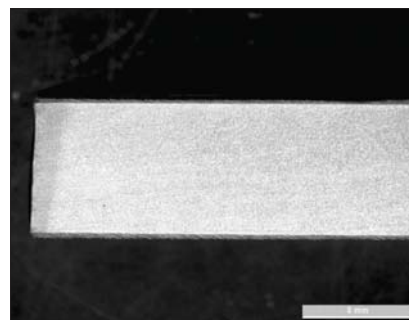



Figura 17 - Macrografia della sezione trasversale al taglio (spessore 6 mm, configurazione DRAG)

2.3 Analisi delle durezze

Ulteriore valutazione dell'influenza che il ciclo termico di taglio ha avuto sul materiale ci viene fornita dall'analisi delle durezze, rilevate sempre lungo la sezione trasversale alla superficie di taglio; in particolar modo sugli spessori di 12 mm sono state realizzate 3 linee di durezza: una superiore, una centrale ed una inferiore come si può notare dallo schema riportato nella Figura 18. Nel caso dei campioni di spessore pari a 6 mm, sono state realizzate invece due linee di durezza rispettivamente nella parte superiore ed inferiore del campione (Fig. 19).
Di seguito si riportano i profili di durezza realizzati a valle delle prove effettuate sui campioni denominati S1 ed S2 per indicare rispettivamente i saggi realizzati tagliando con configurazione STANDARD della torcia 12 mm e 6 mm di spessore di acciaio al carbonio UNI EN 10025-2 S275JR e D1 e D2 per indicare, analogamente a prima, i due diversi spessori di acciaio sezionati con la torcia di taglio plasma

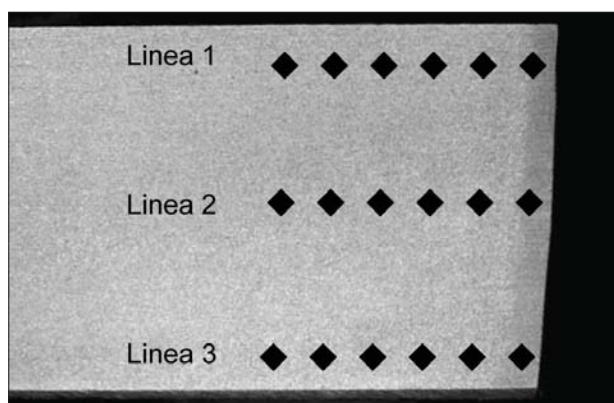



Figura 18 - Schema di prelievo delle durezze sui saggi di spessore 12 mm

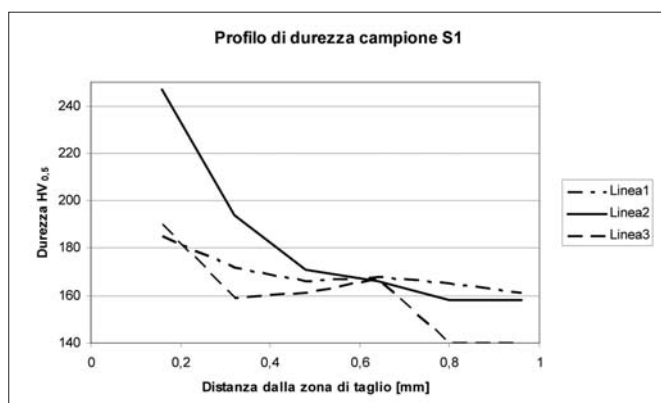



Figura 20 - Profilo di durezza delle superfici di taglio del campione S1 (12 mm, configurazione STANDARD)

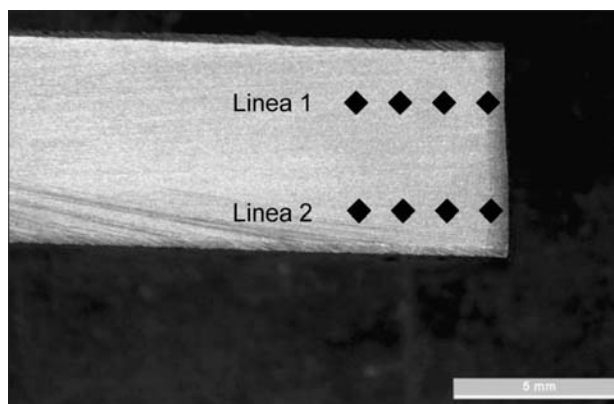



Figura 19 - Schema di prelievo delle durezze sui saggi di spessore 6 mm

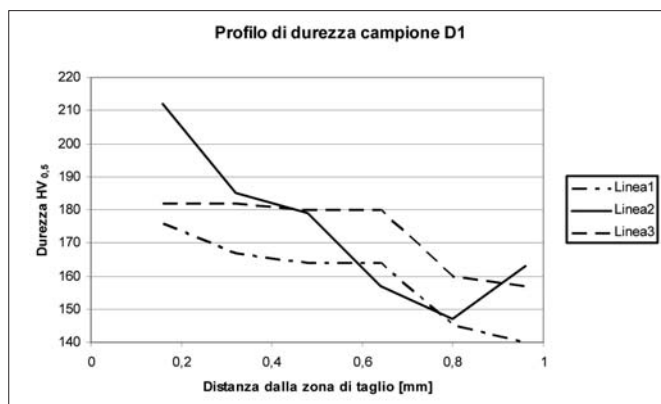



Figura 21 - Profilo di durezza delle superfici di taglio del campione D1 (12 mm, configurazione DRAG)

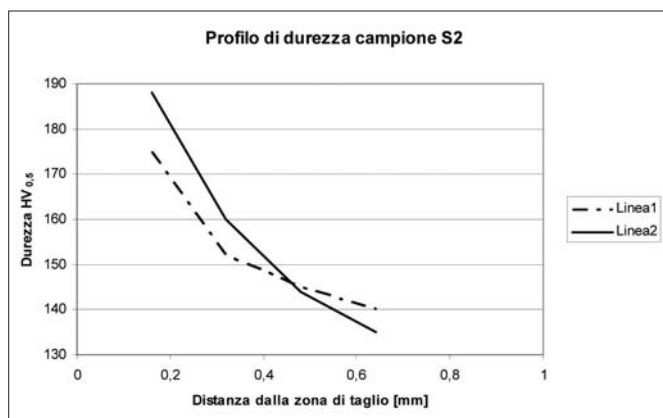



Figura 22 - Profilo di durezza delle superfici di taglio del campione S2 (6 mm, configurazione STANDARD)

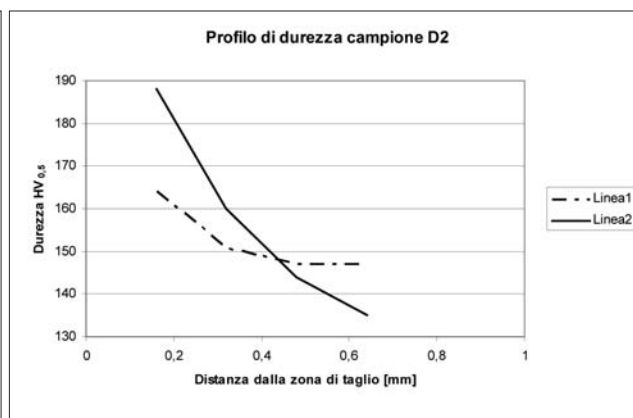



Figura 23 - Profilo di durezza delle superfici di taglio del campione D2 (6 mm, configurazione DRAG)

Ergocut S65 in configurazione DRAG. In entrambi questi casi si riscontra un incremento di durezza nella zona centrale di taglio, mentre le superfici inferiore e superiore mostrano un incremento simile tra loro. Questo fenomeno può essere spiegato valutando ciò che avviene durante l'operazione di taglio lungo la sezione trasversale del campione. La zona superiore di taglio risente maggiormente del ciclo termico, in quanto durante l'esecuzione del taglio termico è necessario soffermarvisi per un tempo maggiore; non a caso, infatti, la zona superiore presenta i minori valori di durezza nonostante sia quella che presenta la maggior superficie di scambio termico avendo a disposizione tutta la sezione che contribuisce a smaltire calore per conduzione. Quest'ultima considerazione ci permette di comprendere il motivo per il quale nemmeno la zona inferiore presenta elevati valori di durezza, infatti, nonostante non vi si soffermi per lunghi periodi durante il taglio, questa ha una superficie di scambio termico minore rispetto al caso precedente, pertanto il raffreddamento è più lento.

Dalle seguenti considerazioni, infine, si comprende il motivo per il quale sia la zona centrale a presentare i maggiori valori di durezza, in quanto non è necessario soffermarvisi a lungo durante l'operazione di taglio ed è inoltre presente ancora una certa quantità di materiale attraverso il quale smaltire calore durante il raffreddamento.

Analoghe considerazioni possono essere fatte per quanto riguarda i profili di durezza presentati nelle Figure 22 e 23, i quali si riferiscono rispettivamente ai campioni di 6 mm di spessore di acciaio al carbonio UNI EN 10025-2 S275JR tagliati con la torcia in configurazione STANDARD e DRAG.

In questo caso, dato lo spessore inferiore e la minore estensione della zona termicamente alterata di taglio, conseguenza della maggiore velocità di avanzamento, sono state realizzate due linee di durezza rilevando quattro punti per fila, come precedentemente illustrato nella Figura 19. Osservando i profili di durezza riguardanti i campioni denominati S2 e D2, si nota un incremento della durezza nella superficie inferiore di taglio, in accordo con quanto detto precedentemente.

3. Determinazione del tasso di emissione di fumi

Certe operazioni di taglio termico, tra cui rientra certamente quella di taglio al plasma, sono caratterizzate dalla produzione di fumi e gas che, se inalati, possono nuocere alla salute dell'operatore in relazione alla quantità emessa ed alla natura del materiale base, tra l'altro. Per i suddetti motivi sono state condotte prove di determinazione del tasso di emissione di fumi derivanti dall'operazione di taglio plasma eseguito con la torcia Ergocut S65. Tale determinazione è stata effettuata in accordo alla normativa UNI EN ISO 15011-1: "Salute e sicurezza nella saldatura e tecniche affini - Parte 1: Determinazione del tasso di emissione dei fumi generati dalla saldatura ad arco e captazione dei fumi per l'analisi". Per quanto – a stretto rigore – la norma suddetta si riferisca a processi ad arco, le procedure di misurazione in essa contenute possono essere applicate in modo significativo anche a processi di taglio termico, per i quali non risulta disponibile un analogo documento. La suddetta normativa prevede l'impiego di diverse tipologie di camera per la captazione dei fumi in funzione del grado di automatismo del processo di saldatura / taglio. Nel caso in esame, trattandosi di un processo di taglio termico manuale, è stata utilizzata una camera del tipo "fume box" di cui una schematizzazione estratta dalla normativa UNI EN ISO 15011-1 è illustrata nella Figura 24, mentre nella Figura 25 è presentata la reale camera utilizzata per l'analisi dei fumi.

La procedura di captazione dei fumi, secondo la normativa di riferimento, prevede dapprima l'esecuzione di un test di prova che ha lo scopo di stabilire il tempo necessario alla produzione di una quantità di fumi consistente ai fini dell'analisi; in particolar modo, la normativa UNI EN ISO 15011-1 prevede un tempo di esecuzione del taglio tale da produrre almeno 100 mg di sostanza. Se dopo 60 secondi di esecuzione il peso del filtro adibito all'assorbimento dei fumi di taglio risulta essere superiore di almeno 100 mg rispetto alla pesata precedente, si deve consi-

TABELLA 5 - Parametri esecutivi impiegati nella realizzazione dei tagli per i test di emissione di fumi

Torcia	Materiale	Spessore [mm]	v avanzamento [cm/min]	Corrente [A]	Portata gas [l/min]	Pressione gas [bar]
Ergocut S65	UNI EN 10025-2 S275JR	12	80	60	100	4
Altro produttore	UNI EN 10025-2 S275JR	12	80	60	115	4

TABELLA 6 - Risultati derivanti dall'analisi di emissione di fumi

Torcia	P iniziale filtro [g]	P finale filtro [g]	Quantità di fumi emessi [mg]	Rateo di emissione fumi [mg/s]
Ergocut S65	12.62	13.02	400	6.67
Altro produttore	12.61	13.21	600	10.00

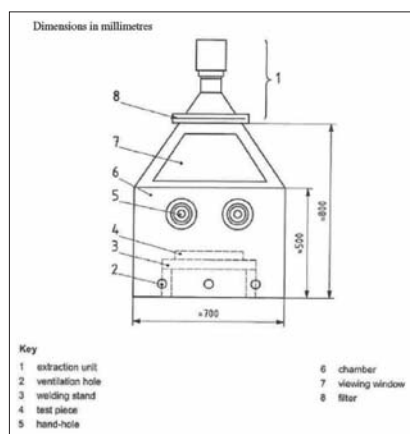



Figura 24 - Schematizzazione della camera modello "fume box"

Figura 25 - Camera impiegata per la captazione dei fumi di taglio termico (Laboratorio IIS - Sede di Genova)

derare il minuto come tempo di esecuzione della prova; in caso contrario sarà necessario prevedere un tempo di esecuzione superiore.
Stabilito tale parametro si può procedere con l'esecuzione vera e propria della prova. Dapprima si pesa il filtro che avrà lo scopo, una volta posto nell'apposita collocazione della "fume box", di raccogliere i fumi derivanti dall'operazione di taglio. Terminata questa operazione e collocato il pezzo da tagliare, si procede con l'esecuzione del taglio per il tempo precedentemente determinato quindi, una volta eseguito il taglio, si può rimuovere il filtro che verrà nuovamente pesato al fine di valutare la quantità di fumi assorbita. La normativa a questo punto consiglia l'esecuzione di un numero minimo di tre prove e di considerare attendibile il valore medio risultante, a meno che non vi sia una differenza superiore al 10% (in quest'ultimo caso sarà necessario eseguire altre due prove addizionali). Una volta calcolata con questo metodo la quantità di fumi emessi (espressa in milligrammi) è possibile calcolare la velocità di emissione dei fumi (espressa in mg/s) dividendo la massa di fumi emessi per il tempo di arco acceso (espresso in secondi). Può risultare significativo, considerato il caso in esame, non tanto fornire un valore di emissione assoluto, ma paragonare, puramente a titolo di esempio, il comportamento della torcia in oggetto con un prodotto simile appartenente ad una ditta concorrente. Per questo motivo è stata impiegata una torcia di caratteristiche analoghe alla Ergocut S65 e sono stati realizzati una serie di tagli mantenendo costanti i parametri di esecuzione (Tabella 5). Realizzati i tagli con le due diverse torce, si è potuto procedere con l'analisi dei filtri collocati nella cappa di aspirazione e previamente pesati. Nella Tabella 6 sono riportati i risultati derivanti dall'analisi, eseguita in conformità alla normativa UNI EN ISO 15011. Come si può notare dai risultati riportati nella precedente tabella, la torcia Ergocut S65, a parità di condizioni esecutive, garantisce una minore emissione di fumi rispetto ad un'altra torcia di taglio plasma (impiegata, come già detto, unicamente a scopo di esempio comparativo).

4. Caratteristiche operative: la parola all'operatore

Essendo gli articoli di questa Rubrica rivolti ad un pubblico che abbraccia tutte le categorie di utilizzatori, risulta fondamentale riportare le impressioni dei tecnici dell'Istituto Italiano della Saldatura che hanno concretamente realizzato i tagli con la torcia Ergocut S65. Ancor prima di innescare l'arco elettrico e cominciare effettivamente

l'operazione di taglio, ci si imbatte nel sistema di sicurezza che ha lo scopo di prevenire inneschi accidentali (evidenziato nella Figura 26).
Naturalmente qualsiasi torcia di taglio plasma manuale presenta analoghi sistemi di sicurezza; una considerazione, però, può essere fatta sull'ubicazione di tali sistemi in quanto in certi casi questi possono intralciare l'operatore nella fase di innesco dell'arco elettrico.
Quest'ultimo non è il caso della torcia Ergocut S65, in quanto è sufficiente abbassare l'interruttore di sicurezza, che ritornerà automaticamente in posizione, prima di innescare l'arco elettrico.
Per quanto riguarda la realizzazione dei tagli, questi sono stati realizzati in posizione piana, valutando la facilità

Figura 26 - Switch di sicurezza

d'innesco dell'arco elettrico e la praticità e comodità di utilizzo della torcia sia in configurazione STANDARD che DRAG.
L'innesco dell'arco elettrico risulta rapido ed efficiente, nonostante l'assenza del sistema di innesco ad alta frequenza ed il taglio risulta regolare, affermazione comprovata dalle immagini riportate nei precedenti paragrafi.

Per quanto riguarda la maneggevolezza, questa è sicuramente un punto di forza della torcia Ergocut S65, in quanto l'impugnatura ergonomica permette effettivamente un'ottima gestione dell'utensile durante la fase di taglio, fattore che, ancora una volta, si rispecchia nella qualità delle superfici di taglio eseguito sia in configurazione STANDARD che DRAG.

5. Riassumendo

In conclusione di questo articolo e secondo la prassi adottata normalmente in questa Rubrica, riteniamo utile riassumere il giudizio emerso a valle di ogni singola prova realizzata, nella seguente Tabella.

Documentazione tecnica volontaria	Completezza delle informazioni	La brochure di presentazione del prodotto, si presenta esauriente in quanto vengono riportate le configurazioni di utilizzo della torcia e dei parametri di esecuzione. Il foglio ricambi che accompagna il prodotto oltre alle informazioni tecniche riporta anche la lista dei consumabili e dei ricambi con relativo codice di riferimento. Nel foglio ricambi si trova anche la dichiarazione di conformità del prodotto in base alla Direttiva 2006/95/EC LOW VOLTAGE. Il manuale d'uso e manutenzione, ricorda all'utilizzatore le informazioni relative alla sicurezza nell'utilizzo del prodotto.
	Qualità delle informazioni	Le informazioni riportate sono principalmente di carattere tecnico/commerciale accompagnate, però, da tabelle ed immagini esplicative che permettono di comprendere nell'immediato le varie proprietà e l'utilizzo del prodotto.
Caratteristiche del prodotto	Angolo di inclinazione delle superfici	L'angolo di inclinazione delle superfici risulta essere pressoché retto, sia nel caso della configurazione STANDARD che DRAG.
	Livello di bava	La presenza di bave, come riportato nell'articolo, è funzione principalmente della manualità dell'operatore, ciononostante impiegando i parametri esecutivi forniti dalla ditta produttrice si riduce al minimo la presenza di queste.
	Alterazione delle superfici di taglio	Le macrografie realizzate sulle superfici tagliate con la torcia Ergocut S65 hanno mostrato una ZTA di estensione inferiore al millimetro, con valori di durezza crescenti all'avvicinarsi al fronte di taglio, in particolar modo nella zona centrale della sezione.
	Emissione di fumi	Un'operazione di taglio eseguita ininterrottamente per 60 secondi produce 400 mg di particolato con un rateo di emissioni fumi di 6.67 mg/s
Caratteristiche funzionali ed operative	Innesco dell'arco elettrico	L'innesco dell'arco elettrico, nonostante l'assenza del dispositivo di innesco dell'alta frequenza, risulta rapido ed efficiente.
	Maneggevolezza della torcia	L'impugnatura ergonomica della torcia Ergocut S65 garantisce ottima maneggevolezza, fattore che si rispecchia nella qualità delle superfici di taglio.
	Sicurezza	Oltre alla sicurezza sull'ugello previsto dalla normativa, la S65 dispone di una sicurezza sul pulsante che previene inneschi accidentali.

Dalle Aziende

CLOOS, la nuova generazione di Robot

CLOOS, Azienda tedesca leader nello sviluppo e nella produzione di Robot di saldatura per applicazioni industriali, utilizza decenni di esperienza per innovare costantemente la tecnologia di saldatura. La nuova generazione di Robot QIROX offre numerose innovazioni tecnologiche che garantiscono al Cliente un particolare valore aggiunto. Caratteristiche speciali del nuovo Robot QIROX sono principi di carico ottimizzati, introduzione di un 7° asse opzionale, eccezionale protezione di motore, connessioni e meccanismi, infine un completo re-styling. Il nuovo QIROX è basato sulla massima flessibilità e dinamicità, che si trasformano nella massima efficienza nei processi di saldatura automatizzati.

Vantaggi del Robot QIROX:

- *Elevato grado di dinamicità grazie a pesi contenuti e operazioni di carico ottimizzate.*
- *Migliorata accessibilità grazie all'inclinazione e al design ergonomico.*
- *Massima flessibilità basata su design modulare.*
- *Notevole aumento del raggio di lavoro e posizionamento ottimale della torcia di saldatura grazie al 7° asse aggiuntivo.*
- *Eccellente qualità del processo di saldatura grazie alla massima precisione nella ripetitività.*
- *Protezione del motore, connessioni e meccanismi.*
- *Utilizzo di Hardware e Software innovativi e adattabili a qualsiasi esigenza.*
- *Intervalli di manutenzione più lunghi e ridotto consumo di usurabili.*

I Robot QIROX sono disponibili in due modelli:

1. *QRC - QIROX Classic con design standard;*
2. *QRH - QIROX Hollow Shaft con albero cavo per integrare il fascio cavi.*

Entrambi i tipi sono progettati per installazione a pavimento oppure sopratesta e possono essere combinati con i vari tipi di Sensori CLOOS. La nuova serie QIROX offre la più ampia versatilità per le varie applicazioni di saldatura e taglio. In particolare la serie QRH è provvista di un albero cavo nel polso - 4° asse che consente l'integrazione del fascio cavi nel braccio del Robot. Rispetto ai modelli convenzionali, il fascio cavi, l'alimentazione del filo e i cavi dei sensori non corrono lungo il 6° asse, bensì lungo il corpo stesso del Robot. I vantaggi sono evidenti: anche in caso di movimenti molto complessi, il fascio cavi rimane protetto da urti e abrasioni e non rischia di aggrovigliarsi. La nuova generazione dei Robot QIROX può inoltre essere dotata di un 7° asse opzionale.

Il nuovo asse, integrato alla base del Robot, permette una estensione del raggio di lavoro di 550 mm (il raggio complessivo è quindi di 1100 mm). Vantaggi di questo asse aggiuntivo

Robot QIROX Tipo QRH

7° Asse opzionale

è una maggiore semplicità e velocità nelle regolazioni e una eccezionale facilità nel raggiungere posizioni estreme data la elevata libertà di movimento. Tutto questo determina inoltre un notevole risparmio di tempo per gli aggiustamenti. L'armadio di controllo V5 del Robot QIROX offre tutti i benefici del controllo CLOOS, già sperimentato nel corso di vari decenni per apportare continui miglioramenti. Al controllo V5 possono essere aggiunte numerose opzioni software, come trasformazione in 3D, Point Editor, programma multi-pass, cerca giunto, sensore gas, operazioni in Master e Slave, RoboPlan. Il tutto studiato per una sempre più precisa ed accurata gestione dei processi automatizzati di saldatura.

SALDOBRAZ ENGINEERING Srl
Dealer CLOOS Schweisstechnik Gmbh
Dealer HKS Prozesstechnik Gmbh
Via F. Coppi, 11
10043 Orbassano TO
Tel. 011 9019030
www.saldobraz.it

ESAB, soluzioni professionali alla portata di tutti

ESAB, leader mondiale nelle tecnologie di saldatura e taglio, presenta una nuova generazione di saldatrici portatili robuste, leggere e durevoli per risultati professionali alla portata di tutti.
Le nuove Buddy™ Arc offrono prestazioni d'avanguardia e grande affidabilità, grazie all'utilizzo delle più recenti tecnologie di controllo elettronico IGBT.

Fatte per durare
I componenti elettronici interni sono raffreddati da una ventola ad alta efficienza e sono monitorati da un sistema di protezione termica per un'ulteriore garanzia di durata e affidabilità.
La struttura delle macchine è studiata per sopportare anche gli impieghi più gravosi e gli ambienti di lavoro più impegnativi ed è dotata di maniglia e di cinghia a tracolla per il trasporto.

Buddy™ Arc 145
Saldatrice portatile estremamente leggera, pesa solo 3,6 kg (come un computer portatile), fornisce 145 Amp con ciclo di lavoro al 15% o 70 Amp al 60% ed è in grado di utilizzare elettrodi da 1,6 a 2.4 mm di diametro per saldare acciai al carbonio, acciai legati, inox e ghisa. Grande versatilità anche per gli impieghi in cantiere, grazie alla possibilità di funzionare con moto-generatori di corrente e con cavi di alimentazione molto lunghi senza risentire delle cadute di tensione.

Buddy™ Arc 180
Saldatrice portatile leggermente più grande e potente, fornisce 180 Amp con ciclo di lavoro del 30% o 130 Amp al 60%. Oltre alla saldatura MMA con elettrodi fino a 3,2 mm di diametro, può saldare anche con il procedimento TIG, per saldare acciai comuni e inossidabili con o senza materiale d'apporto. E' inoltre dotata delle funzioni HotStart e ArcForce per facilitare gli inneschi ed ottenere i migliori risultati in qualità di saldatura. Pesa soltanto 6 kg e, come la Buddy™ Arc 145 prima descritta, può operare in cantiere con generatori e con cavi molto lunghi.

ESAB Saldatura SpA
Via Novara, 57/59
20010 Bareggio MI
Tel. 02 97968.1
www.esab.it

SMART N.D.T., un'azienda giovane e dinamica

SMART NDT nasce per soddisfare le esigenze di un mercato in continua evoluzione. Forte di grande esperienza nel settore dei controlli non distruttivi al fianco di aziende leader, decide di scendere direttamente in campo con la distribuzione, la produzione e la certificazione di prodotti di elevata qualità e elevato contenuto tecnologico.
Consapevole di dover mantenere i successi finora ottenuti e di dover rispettare le aspettative di una clientela sempre più esigente, SMART NDT si propone con una filosofia orientata al consolidamento e al continuo miglioramento dei prodotti e dei servizi offerti al mercato dei CND.

SMART N.D.T.
Via per Arcore, 715b
20871 Vimercate MB
Tel. 039 29 15 778
www.smartndt.it

THERMADYNE, cambia il nome e diventa Victor Technologies

Il cambiamento del nome sfrutta il vantaggio strategico del marchio più forte e più conosciuto dell'azienda.

Thermadyne Holdings Corporation ha annunciato di aver cambiato il suo nome in Victor Technologies Group, Inc. e il nome di Thermadyne Industries, Inc., società interamente controllata, in Victor Technologies International, Inc.

"Ritorniamo alle nostre radici al fine di riposizionare l'azienda nel mercato," ha dichiarato Martin Quinn, amministratore delegato della società. "Victor Technologies ritroverà lo spirito pionieristico e saprà esprimere le qualità originali del marchio Victor: autenticità, affidabilità e innovazione." Victor è il marchio più forte e più conosciuto dell'azienda, e celebrerà nel 2013 il suo centesimo anniversario. "Sfruttando il vantaggio strategico offerto dal nome Victor, esaltiamo nel settore la nostra speciale attenzione a soddisfare le esigenze dell'utente finale dei nostri prodotti e a fornire soluzioni avanzate per taglio, saldatura e controllo del gas con ciascuno dei nostri marchi," ha dichiarato Quinn.
"La visione dell'azienda è 'Innovation to shape the world.'"

Victor Technologies, con sede centrale a St. Louis, Missouri, USA, fornisce soluzioni di qualità superiore per apparecchiature di taglio, saldatura e controllo del gas con marchi tra i quali Victor®, Tweco®, Arcair®, Thermal Dynamics®, Thermal Arc®, Stoody®, TurboTorch®, Firepower® e Cigweld®.
Per ulteriori informazioni su Victor Technologies, i suoi prodotti e servizi, visitare il sito web aziendale all'indirizzo: www.victortechnologies.com.

VICTOR TECHNOLOGIES EUROPE
Via Bolsena, 7
20098 S.Giuliano Milanese MI
Tel. 02 36546801
www.victortechnologies.eu

AEC TECHNOLOGY, nuova apparecchiatura per TT ad induzione

A.E.C. Technology è lieta di annunciare il lancio di un nuovo macchinario per il trattamento termico ad induzione a media frequenza, denominato "PEGASO 85".

A.E.C. Technology, presente sul mercato dei macchinari per il trattamento termico da oltre 30 anni, avendo maturato una notevole esperienza nel metodo dell'induzione a media frequenza e a frequenza di rete con macchinari da 42.5 kVA fino a 250 kVA, ha studiato e sviluppato un nuovo progetto per una macchina a media frequenza ad 85 kVA.

L'apparecchiatura statica PEGASO 85 ha brillantemente superato i severi test interni e sarà in produzione dal prossimo mese di ottobre.
Ecco alcune caratteristiche tecniche del nuovo macchinario:

- *potenza 85 kVA*
- *alimentazione trifase a 400 V*
- *assorbimento massimo 125 A*
- *tensione massima all'induttore 500 V*
- *n. 2 uscite in parallelo (1 induttore per uscita)*
- *frequenza di lavoro 5 ÷ 15,5 kHz*
- *raffreddamento induttore con liquido a circuito chiuso*
- *raffreddamento macchina ad aria forzata*
- *circuito di sicurezza*
- *scheda driver controllo potenza*
- *controllo potenza automatico durante il ciclo termico*
- *connessione input 6 termocoppie tipo "K".*

Il campo di applicazione del nuovo macchinario che entra a far parte della gamma completa dei macchinari prodotti da A.E.C. Technology, (unica azienda sul mercato ad offrire macchinari per il metodo a resistenza, a pannelli infrarossi, ad induzione e ad effetto Joule) sarà quello del trattamento termico per distensione di grossi diametri e potrà altresì essere utilizzato per il pre-riscaldo nelle pipeline on-shore ed off-shore.

A.E.C. TECHNOLOGY Srl
Via Leonardo Da Vinci, 15/17
Campagnola Cremasca CR
Tel. 0373 752111
www.aectechnology.it

EuroBLECH 2012, Fiera Internazionale Tecnologica della Lavorazione della Lamiera

Un'attenzione particolare sulla tecnologia efficiente e sui processi di produzione ecocompatibili.

EuroBLECH è la più ampia fiera al mondo per l'industria della lavorazione della lamiera. L'evento è noto come la più importante fiera commerciale internazionale e come barometro delle tendenze per questo settore industriale. Con il tema di quest'anno "Per un futuro sostenibile", EuroBLECH pone un'attenzione particolare sulle tecnologie energetiche efficienti, sui processi di produzione ecocompatibili e sull'uso intelligente di materiali.
Attualmente, un totale di 1.340 espositori provenienti da 37 Paesi ha prenotato il proprio spazio espositivo ad EuroBLECH 2012, che si terrà dal 23 al 27 Ottobre 2012 ad Hannover, in Germania, coprendo uno spazio espositivo finale di più di 84.000 metri quadrati. Questo rappresenta un aumento di spazio di più del 6% rispetto all'esposizione precedente. "Questo punto di vista profondamente positivo su EuroBLECH di quest'anno riflette un'ulteriore ripresa dell'industria della lavorazione della lamiera; e mostra inoltre che il settore industriale è ispirato da tendenze globali quali sostenibilità, consapevolezza di risorse, efficienza energetica e mobilità. Gli sviluppi maggiori nella lavorazione della lamiera si concentrano sulla costruzione leggera, sull'uso intelligente dei materiali, sulla lavorazione di strutture ibride così come su nuove applicazioni di processi di produzione conosciuti" afferma Nicola Hamann, Direttore della Fiera EuroBLECH, a nome degli organizzatori Mack Brooks Exhibitions. "I visitatori della fiera possono attendere con trepidazione di scoprire dimostrazioni di un vasto numero di macchine attraverso gli otto padiglioni espositivi, dato che la presentazione live di macchinari e sistemi innovativi è tradizionalmente un punto di maggiore interesse per le compagnie che partecipano a EuroBLECH," spiega Nicola Hamann. La partecipazione internazionale, un'ulteriore caratteristica di EuroBLECH, è ancora una volta molto alta alla fiera di quest'anno. Quasi il 48% delle compagnie che hanno già prenotato il loro spazio espositivo non provengono dalla Germania, con Italia, Turchia, Cina, Svizzera, Paesi Bassi e Spagna tra i maggiori Paesi espositori dopo la Germania. EuroBLECH 2012 occuperà i padiglioni 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 27 del Centro Fieristico di Hannover. Il profilo della fiera comprende l'intera catena tecnologica della lavorazione della lamiera: lamiera, prodotti semifiniti e finiti, manipolazione, separazione, formatura, lavorazione flessibile della lamiera, giunzione, saldatura, trattamento di superficie, lavorazione di strutture ibride, utensili, controllo qualità, sistemi CAD/CAM e ricerca e sviluppo. Le informazioni dettagliate per i visitatori che stanno programmando il loro viaggio ad Hannover per EuroBLECH 2012 sono ora disponibili. Il dépliant è disponibile in dodici lingue e può essere ordinato tramite il sito internet della fiera: www.euroblech.com.

Notiziario

Letteratura tecnica

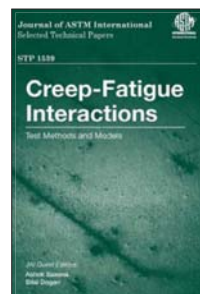
Progettare le strutture in acciaio (CD allegato)

*Floridia S., Palermo, 2011,
170x240 mm, 272 pagine,
ISBN 9788857901046, € 96,00.*

Questo testo è un ulteriore tassello di un progetto editoriale molto ambizioso iniziato cinque anni fa.
Lo scopo era quello di realizzare un testo di riferimento che raccogliesse tutta la migliore bibliografia disponibile, il quadro della normativa attuale e relative formulazioni, con lo scopo di affiancare i colleghi progettisti nella rigorosa progettazione delle strutture in acciaio in zona sismica.
Superato il primo difficile esame con la versione acciaio, sono stati emessi, prima che venisse emanato il D.M. 14 Gennaio 2008, la versione del testo sul legno secondo l'EC5, il testo relativo al cemento armato e successivamente quello relativo al legno secondo D.M. 2008. Ad oggi, per tutti i materiali è disponibile un quadro normativo chiaro e delineato, tutto in lingua italiana (sulla chiarissima impronta degli eurocodici), integrato in un unico documento, che si occupa di tutto lo scenario strutturale, ovvero le NTC 2008.
Il testo si articola in sei capitoli: il primo raccoglie cenni sulla sismologia, il secondo cenni di dinamica delle strutture, il terzo presenta la normativa vigente da applicare per il corretto dimensionamento di strutture in acciaio, completo di tutti i riferimenti teorici; nel quarto, tramite due esempi pratici relativi al calcolo di pensilina in acciaio di un impianto sportivo e di un capannone industriale, viene indicata al professionista la metodologia da seguire per il corretto sviluppo del calcolo. Gli ultimi due capitoli sono dedicati al funzionamento del software allegato.
Quest'ultimo è utile per mettere in pratica i concetti espressi nel corso dell'opera, poiché è in grado di verificare una struttura in acciaio secondo le N'TC 2008, e può tra l'altro interfacciarsi con il software allegato gli altri due volumi della collana, Progettare le strutture in legno e Progettare le strutture in c.a., qualora il professionista abbia voglia di approfondire la verifica delle strutture miste.

*Dario Flaccovio Editore,
Via Croce Rossa, 28
90144 Palermo
www.darioflaccovio.it*

Creep - Fatigue Interactions: Test Methods and Models - STP 1539

*Ashok S. e Dogan B. Conshohocke (PA-USA), 2011, 150x230 mm,
382 pagine, ISBN 978-0-8031-7525-9,
$ 109,00.*

L'interazione del fenomeno "Creep-fatica", come meccanismo di deterioramento dei materiali, è una delle principali preoccupazioni dei progettisti di centrali elettriche convenzionali e nucleari nonché delle parti operanti ad alta temperatura di altri tipi di impianto quali navale, aeronautico ecc.
Il rendimento di questi impianti è fortemente dipendente dalle temperature di esercizio e poiché queste tendono ad aumentare al fine di incrementare il rendimento e l'efficienza degli impianti stessi, il fenomeno dello scorrimento a caldo, associato a quello della fatica, diventa una crescente preoccupazione sia per quanto riguarda la progettazione che per la efficienza operativa.
Questo libro ha lo scopo di descrivere i più recenti progressi nella compren-

sione dei meccanismi di interazione tra scorrimento a caldo e fatica diventando un importante punto di riferimento sul tema per i prossimi anni. I documenti contenuti in questa Pubblicazione Tecnica Speciale (STP) sono stati presentati in un Simposio Internazionale ASTM sull'interazione tra Creep e Fatica - Metodi di prova e Modelli, tenutosi a San Antonio, Texas, dal 17 al 19 Novembre 2010. Il simposio è stato co-sponsorizzato dalla Electric Power Research Institute (EPRl) ed è stato anche annunciato come un Inter-Quadriennale del Congresso Internazionale della Frattura, ICF. Il simposio ha affrontato le ultime ricerche nel campo dell'insorgenza di cricche da creep-fatica e l'accrescimento di cricche nei materiali e strutture operanti ad alta temperatura. Sono stati presentati trentaquattro documenti sui recenti sviluppi nelle tecniche sperimentali; in una singola sessione sono stati presentati i modelli per la rappresentazione dei dati e le applicazioni alle strutture. Nel corso degli ultimi anni, questo settore della ricerca ha visto alcuni grandi progressi nella tecnologia. Solo negli ultimi due anni, l'ASTM ha pubblicato due norme per l'esecuzione del collaudo a creep-fatica. La prima, E 2714 – 2009, è dedicata ai metodi di prova per la caratterizzazione delle proprietà di formazione di cricche da creep-fatica, mentre l'altra, E 2714 – 2010, affronta il problema dell'accrescimento delle cricche da creep-fatica. Questo progresso è avvenuto in gran parte con la cooperazione a livello internazionale tra i diversi gruppi di ricerca provenienti da Europa, Asia ed America e con il contributo di EPRI. Pertanto, il momento era quello giusto per documentare tali progressi nel corso di un simposio internazionale e raccogliere tutte le memorie presentate in questo libro. La prima parte della STP è dedicata al comportamento degli acciai ferritici e degli acciai inossidabili austenitici nei confronti dell'interazione creep-fatica. Per quanto riguarda gli acciai ferritici è stata posta particolare attenzione sulla relativamente nuova classe di materiali con elevato contenuto di cromo designati da ASTM come P91 e P92. Questi materiali vengono utilizzati ampiamente in impianti avanzati a combustibili fossili, ad alta efficienza e potenza. Gli acciai inox austenitici continuano ad essere i più ampliamente utilizzati negli impianti nucleari di potenza. Gli argomenti delle memorie presentate sugli acciai inossidabili austenitici coprono la stessa gamma di argomenti di quelle presentate sugli acciai ferritici. La seconda parte del STP copre l'interazione creep-fatica nei materiali a base nichel e le relative superleghe prese in considerazione, o già attualmente in uso, per la costruzione di componenti di impianti nucleari avanzati e in turbine a gas. I materiali trattati sono l'Alloy 617, l'Alloy 718 e l'Alloy 247. Una memoria descrive l'interazione creep-fatica nei materiali a cristallo singolo. Infine alcuni lavori si occupano anche del fenomeno negli acciai termomeccanici e del loro comportamento nel caso in cui siano protetti da un rivestimento termico che migliora la loro resistenza all'insorgere di cricche da creep-fatica.

ASTM International,
100 Barr Harbor Drive, PO Box C700,
West Conshohocken, PA,
19428-2959 (USA)
http://www.astm.org

Codici e norme

Norme nazionali
Italia

UNI EN ISO 12153 - Materiali di apporto per saldatura - Fili elettrodi animati tubolari per la saldatura ad arco con o senza gas protettivo di nichel e leghe di nichel - Classificazione (2012).

UNI EN 12449 - Rame e leghe di rame - Tubi tondi senza saldatura per usi generali (2012).

UNI EN 12451 - Rame e leghe di rame - Tubi tondi senza saldatura per scambiatori di calore (2012).

UNI EN 12452 - Rame e leghe di rame - Tubi alettati senza saldatura per scambiatori di calore (2012).

UNI EN 12493 - Attrezzature e accessori per GPL - Serbatoi di acciaio saldato per gas di petrolio liquefatto (GPL) - Progettazione e fabbricazione delle cisterne per trasporto su strada (2012).

UNI EN 13001-3-1 - Apparecchi di sollevamento - Criteri generali per il progetto - Parte 3-1: Stati limite e verifica della sicurezza delle strutture di acciaio (2012).

UNI EN 13110 - Attrezzature e accessori per GPL - Bombole saldate di alluminio, ricaricabili e trasportabili, per gas di petrolio liquefatti (GPL) - Progettazione e costruzione (2012).

UNI CEN/TR 14748 - Prove non distruttive - Metodologia per la qualificazione delle prove non distruttive (2012).

UNI CEN/TR 15134 - Prove non distruttive - Controllo automatizzato mediante ultrasuoni - Selezione e applicazione dei sistemi (2012).

UNI EN 15202 - Attrezzature e accessori per GPL - Dimensioni operative essenziali per connessioni di valvole per bombole per GPL e connessioni degli equipaggiamenti associati (2012).

UNI CEN/TR 15589 - Prove non distruttive - Codice di pratica per l'approvazione del personale addetto alle prove non distruttive effettuata da entità terze riconosciute ai sensi delle disposizioni della Direttiva 97/23/CE (2012).

UNI EN ISO 15614-1 - Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e leghe di nichel (2012).

UNI EN ISO 16834 - Materiali di apporto per saldatura - Fili elettrodi, fili, bacchette e depositi per la saldatura ad arco in gas protettivo di acciai ad alta resistenza - Classificazione (2012).

UNI CEI EN ISO/IEC 17020 - Valutazione della conformità - Requisiti per il funzionamento di vari tipi di organismi che eseguono ispezioni (2012).

UNI EN ISO 17653 - Saldatura a resistenza - Prove distruttive sulle saldature di materiali metallici - Prova di torsione su saldature a resistenza a punti (2012).

UNI EN ISO 18275 - Materiali di apporto per saldatura - Elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco di acciai ad alta resistenza - Classificazione (2012).

UNI EN ISO 21952 - Materiali d'apporto per saldatura - Fili elettrodi, fili, bacchette e depositi per saldatura ad arco in gas protettivo di acciai resistenti allo scorrimento viscoso - Classificazione (2012).

UNI EN ISO 22825 - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Controllo di saldature di acciaio austenitico e di leghe a base nichel (2012).

UNI EN ISO 24598 - Materiali d'apporto per saldatura - Fili elettrodi pieni, animati tubolari e abbinamenti filo/flusso per saldatura ad arco sommerso di acciai resistenti allo scorrimento viscoso - Classificazione (2012).

UNI CEN ISO/TR 25107 - Prove non distruttive - Linee guida per programmi di studio di formazione PND (2012).

Norme americane
USA

API RP 6DR - Recommended practice for the repair and remanufacture of pipeline valves (2012).

API STD 2350 - Overfill protection for storage tanks in petroleum facilities (2012).

ASME B31.1 - Power piping (2012).

ASTM A240/A240M - Standard specification for chromium and chromium-nickel stainless steel plate, sheet, and strip for pressure vessels and for general applications (2012).

ASTM A312/A312M - Standard specification for seamless, welded, and heavily cold worked austenitic stainless steel pipes (2012).

ASTM A403/A403M - Standard specification for wrought austenitic stainless steel piping fittings (2012).

ASTM A505 - Standard specification for steel, sheet and strip, alloy, hot-rolled and cold-rolled, general requirements for (2012).

ASTM A506 - Standard specification for alloy and structural alloy steel, sheet and strip, hot-rolled and cold-rolled (2012).

ASTM A507 - Standard specification for drawing alloy steel, sheet and strip, hot-rolled and cold-rolled (2012).

ASTM A609/A609M - Standard practice for castings, carbon, low-alloy, and martensitic stainless steel, ultrasonic examination thereof (2012).

ASTM A871/A871M - Standard specification for high-strength low-alloy structural steel plate with atmospheric corrosion resistance (2012).

ASTM A1031/A1031M - Standard specification for steel, sheet and strip, heavy-thickness coils, alloy, drawing steel and structural steel, hot-rolled (2012).

ASTM A1039/A1039M - Standard specification for steel, sheet, hot rolled, carbon, commercial, structural, and high-strength low-alloy, produced by twin-roll casting process (2012).

AWS A2.4/A2.1 SET - Standard symbols for welding, brazing, and nondestructive examination set - includes AWS A2.4 standard, AWS A2.1 desk chart and AWS A2.1 wall chart (2012).

NACE TM0101 - Measurement techniques related to criteria for cathodic protection of underground storage tank systems (2012).

Norme europee
EN

EN ISO 898-5 - Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel - Part 5: Set screws and similar threaded fasteners with specified hardness classes - Coarse thread and fine pitch thread (2012).

EN ISO 9712 - Non-destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel (2012).

EN 12258-1 - Aluminium and aluminium alloys - Terms and definitions - Part 1: General terms (2012).

EN 13480-1 - Metallic industrial piping - Part 1: General (2012).

EN 13480-2 - Metallic industrial piping - Part 2: Materials (2012).

EN 13480-4 - Metallic industrial piping - Part 4: Fabrication and installation (2012).

EN 13480-5 - Metallic industrial piping - Part 5: Inspection and testing (2012).

EN 13480-6 - Metallic industrial piping - Part 6: Additional requirements for buried piping (2012).

EN 13480-8 - Metallic industrial piping - Part 8: Additional requirements for aluminium and aluminium alloy piping (2012).

EN ISO 13585 - Brazing - Qualification test of brazers and brazing operators (2012).

Norme internazionali
ISO

ISO 630-3 - Structural steels - Part 3: Technical delivery conditions for fine-grain structural steels (2012).

ISO 630-4 - Structural steels - Part 4: Technical delivery conditions for high-yield-strength quenched and tempered structural steel plates (2012).

ISO 9227 - Corrosion tests in artificial atmospheres - Salt spray tests (2012).

ISO 16834 - Welding consumables - Wire electrodes, wires, rods and deposits for gas shielded arc welding of high strength steels - Classification (2012).

ISO 21952 - Welding consumables - Wire electrodes, wires, rods and deposits for gas shielded arc welding of creep-resisting steels – Classification (2012).

ISO 22825 - Non-destructive testing of welds - Ultrasonic testing - Testing of welds in austenitic steels and nickel-based alloys (2012).

ISO 24598 - Welding consumables - Solid wire electrodes, tubular cored electrodes and electrode-flux combinations for submerged arc welding of creep-resisting steels – Classification (2012).

Istituto Italiano della Saldatura • Divisione Formazione
Lungobisagno Istria 15 • 16141 Genova
www.formazionesaldatura.it
formazione@iis.it

Corsi IIS

Luogo	Data	Titolo	Ore
Legnano	17-20/09/2012	Corso Saldatura di tubi e raccordi PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi	--
Genova	17-21/09/2012	Corso per International Welding Technologist (IWT) - Parte 3 - Modulo Progettazione e calcolo	--
Genova	17-21/09/2012	Corso per International Welding Engineer (IWE) - Parte 3 - Modulo Progettazione e calcolo	--
Genova	17-21/09/2012	Corso di Specializzazione in Saldatura	--
Genova	17-21/09/2012	Corso di qualificazione per European Robot Welding Specialist	--
Genova	17-21/09/2012	Corso per la Certificazione secondo Standard IPC J-STD-001 Certified IPC Specialist (CIS)	36
Messina	24-27/09/2012	Corso Saldatura di tubi e raccordi PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi	--
Roma	24-27/09/2012	Corso Saldatura di tubi e raccordi PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi	--
Legnano	24-28/09/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per la certificazione secondo Standard IPC-7711/7721 - Certified IPC Specialist (CIS)	36
Priolo	Ottobre-Dicembre	Corso per International Welding Inspectors (IWI) - Modulo Tecnologia della saldatura	--
Genova	01-03/10/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per la ricertificazione secondo Standard IPC J-STD-001 - Certified IPC Specialist (CIS)	24
Genova	01-05/10/2012	Corso per International Welding Specialist (IWS) - Parte 1	--
Genova	01-05/10/2012	Corso per International Welding Practitioner (IWP) - Parte 1	--
Genova	01-05/10/2012	Corso per International Welding Inspectors (IWI) - Modulo Ispezione di giunti saldati	--
Genova	01-05/10/2012 15-19/10/2012	Corso sui trattamenti termici dei giunti saldati - Corso di qualificazione Livello Comprehensive	--
Legnano	04-05/10/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per la ricertificazione secondo Standard IPC-7711/7721 - Certified IPC Specialist (CIS)	16
Genova	05-09/10/2012	Corso per International Welding Specialist (IWS) - Parte 2	--
Genova	05-09/10/2012	Corso per International Welding Practitioner (IWP) - Parte 2	--
Legnano	08-10/10/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per certificazione secondo Standard IPC-A-610 - Certified IPC Specialist (CIS)	24
Mogliano Veneto	08-11/10/2012	Corso Saldatura di tubi e raccordi PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi	--
Legnano	08-12/10/2012 15-17/10/2012	Corso per International Welding Engineer (IWE) - Parte 3 - Modulo Tecnologia della saldatura	--
Legnano	08-12/10/2012	Corso per International Welding Technologist (IWT) - Parte 3 - Modulo Tecnologia della saldatura	--

Luogo	Data	Titolo	Ore
Modena	08-12/10/2012	Corso celere in saldatura	32
Genova	08-12/10/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per la certificazione secondo Standard IPC-WHMA-A-620 - Certified IPC Trainer (CIT)	36
Legnano	11-12/10/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per la ricertificazione secondo Standard IPC-A-610 - Certified IPC Specialist (CIS)	16
Salerno	15-18/10/2012	Corso Saldatura di tubi e raccordi PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi	--
Genova	15-19/10/2012	Corso per International Welding Engineer (IWE) - Parte 3 - Modulo Fabbricazione	--
Genova	15-19/10/2012	Corso per International Welding Technologist (IWT) - Parte 3 - Modulo Fabbricazione	--
Genova	15-19/10/2012	Corso sull'esecuzione e sull'interpretazione di esami metallografici - Livello Standard	40
Genova	15-19/10/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per certificazione secondo Standard IPC J-STD-001 - Certified IPC Trainer (CIT)	36
Genova	22-24/10/2012	Corso sull'applicazione del DM 14 Gennaio 2008 - Corso Base	20
Genova	22-25/10/2012	Corso Saldatura di tubi e raccordi PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi	--
Genova	22-26/10/2012	Corso per International Welding Engineer (IWE) - Parte 3 - Modulo Tecnologia della saldatura	--
Legnano	22-26/10/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per certificazione secondo Standard IPC-A-610 - Certified IPC Trainer (CIT)	36
Genova	23-24/10/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per la ricertificazione secondo Standard IPC-7711/7721 - Certified IPC Trainer (CIT)	16
Genova	24-26/10/2012	Corso sull'applicazione del DM 14 Gennaio 2008 - Seminario EWF 652-11 per coordinatori di saldatura	20
Genova	25-26/10/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per la ricertificazione secondo Standard IPC J-STD-001 - Certified IPC Trainer (CIT)	16
Legnano	30-31/10/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per la ricertificazione secondo Standard IPC-A-610 - Certified IPC Trainer (CIT)	16
Genova	05-07/11/2012	Corso per International Welding Inspectors (IWI) - Modulo Ispezione di giunti saldati	--
Roma	05-08/11/2012	Corso Saldatura di tubi e raccordi PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi	--
Messina	05-08/11/2012	Corso Saldatura di tubi e raccordi PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi	--
Genova	05-09/11/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica - Corso per la certificazione secondo Standard IPC-7711/7721 - Certified IPC Trainer (CIT)	36
Legnano	12-15/11/2012	Corso Saldatura di tubi e raccordi PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi	--
Genova	12-16/11/2012	Corso per International Welding Engineer (IWE) - Parte 3 - Modulo Fabbricazione	--
Genova	12-16/11/2012	Corso per International Welding Technologist (IWT)- Parte 3 - Modulo Fabbricazione	--
Genova	12-16/11/2012	Corso sui trattamenti termici dei giunti saldati - Corso di qualificazione Livello Basic	--
Genova	12-16/11/2012	Corso sull'esecuzione e sull'interpretazione di esami metallografici - Livello Standard	40

Luogo	Data	Titolo	Ore
Genova	12-16/11/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica in accordo alla specifica ECSS-Q-ST-70-08, Operatore CAT. 3	36
Genova	12-16/11/2012	Corso sulla microsaldatura in elettronica in accordo alla specifica ECSS-Q-ST-70-08, Ispettore CAT. 2	36
Genova	19-22/11/2012	Corso Saldatura di tubi e raccordi PE per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi	--

Corsi IIS di qualificazione per personale addetto alle PND di livello 1, 2 e 3			
Luogo	**Data**	**Modulo Base (MB)**	**Ore**
Mogliano Veneto	02-03/10/2012	Modulo di Base per livello 2 EN 473, ISO 9712, ASNT SNT-TC-1A	16
Priolo	20-21/11/2012	Modulo di Base per livello 2 EN 473, ISO 9712, ASNT SNT-TC-1A	16
Genova	20-21/11/2012	Modulo di Base per livello 2 EN 473, ISO 9712, ASNT SNT-TC-1A	16
Luogo	**Data**	**Esame Visivo (VT)**	**Ore**
Mogliano Veneto	04/10/2012	Modulo di Metodo (MM) per livello 2 EN 473, ISO 9712	8
Mogliano Veneto	24-25/10/2012	Modulo Specifico (MS) Saldatura	12
Genova	22/11/2012	Modulo di Metodo (MM) per livello 2 EN 473, ISO 9712	8
Priolo	22/11/2012	Modulo di Metodo (MM) per livello 2 EN 473, ISO 9712	8
Luogo	**Data**	**Esame Radiografico (RT)**	**Ore**
Legnano	16-19/10/2012	Modulo di Metodo (MM) per livello 2 EN 473, ISO 9712	28
Mogliano Veneto	06-09/11/2012	Modulo di Metodo (MM) per livello 2 EN 473, ISO 9712	28
Genova	12-16/11/2012	Modulo Specifico (MS) Operatore Tecniche Convenzionali	36
Luogo	**Data**	**Esame Ultrasonoro (UT)**	**Ore**
Priolo	18-21/09/2012	Modulo di Metodo (MM) per livello 2 EN 473, ISO 9712	28
Genova	16-19/10/2012	Modulo di Metodo (MM) per livello 2 EN 473, ISO 9712	28
Legnano	12-16/11/2012	Modulo Specifico (MS) Operatore Tecniche Convenzionali	36
Mogliano Veneto	13-16/11/2012	Modulo di Metodo (MM) per livello 2 EN 473, ISO 9712	28
Genova	19-23/11/2012	Modulo Specifico (MS) Operatore Tecniche Convenzionali	36
Luogo	**Data**	**Esame con Particelle Magnetiche (MT)**	**Ore**
Genova	09-10/10/2012	Modulo di Metodo (MM) per livello 2 EN 473, ISO 9712	16
Luogo	**Data**	**Esame con Liquidi Penetranti (PT)**	**Ore**
Genova	11-12/10/2012	Modulo di Metodo (MM) per livello 2 EN 473, ISO 9712	16

Corsi IIS di specializzazione nelle tecnologie avanzate di controllo non distruttivo			
Genova	05-09/11/2012	Modulo operatore tecniche speciali	40
Corsi IIS di specializzazione nelle imperfezioni di saldatura per personale addetto alle PND			
Genova	23-25/10/2012	Corso di specializzazione nelle imperfezioni di saldatura per personale addetto alle PND	24

Corsi di altre Società

Luogo	Data	Titolo	Organizzatore
Milano	24/09/2012	Applicazione della direttiva PED 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione - Corso Base	UNI www.uni.com
Milano	27-28/09/2012	Gestione della configurazione e ciclo di sviluppo del progetto nell'ottica della EN 9100:2009	CERMET www.cermet.it
Milano	28/09/2012	Le norme tecniche: al servizio delle PMI per migliorare il business	UNI www.uni.com
Roma	01-02/10/2012	Modulo base per Auditor/Responsabili Gruppo di Audit. La ISO 19011	CERMET www.cermet.it
Roma	01-03/10/2012	La norma UNI EN ISO 9001:2008 e i Sistemi di Gestione per la Qualità	AICQ - Centro Insulare www.aicqci.it
Venezia	04-10/10/2012	Auditor dei Sistemi di Gestione per la Qualità	AICQ - Triveneta triveneta.aicqna.com
Roma	08-09/10/2012	Sistemi di gestione per la qualità secondo la UNI EN ISO 9001:2008	UNI www.uni.com
Roma	10/10/2012	Applicare i modelli D.LGS 231/01 in modo semplice ed efficace	UNI www.uni.com
Roma	10/10/2012	Audit interni sui Sistemi di gestione: La norma UNI EN ISO 19011:2003 e le tecniche di Auditing	AICQ - Centro Insulare www.aicqci.it
Roma	11/10/2012	Audit e controlli sui modelli di organizzazione e gestione previsti dal D.LGS 231/01	UNI www.uni.com
Roma	11-12/10/2012	Audit interni di Sistemi di Gestione per la Qualità (+ esame) Modulo 2	AICQ - Centro Insulare www.aicqci.it
Roma	15/10/2012	La UNI EN ISO 9004:2009	AICQ - Centro Insulare www.aicqci.it
Venezia	15-17/10/2012	Auditor Interni di Sistema di Gestione Qualità con esame finale	AICQ - Triveneta triveneta.aicqna.com
Milano	22/10/2012	Valutazione globale di conformità alla Direttiva PED 97/23/CE il punto di vista del fabbricante, dell'ente terzo, dell'utilizzatore	UNI www.uni.com
Roma	22-23/10/2012	Corso Auditor Sistemi di Gestione per la Qualità I Modulo	AICQ - Centro Insulare www.aicqci.it
Milano	22-23/10/2012	La valutazione della conformità legislativa ambientale: una analisi sintetica dei principali adempimenti per le organizzazioni	AICQ - Centro Nord www.aicqcn.it
Milano	22-23/10/2012	Sistemi di gestione per la qualità secondo la UNI EN ISO 9001:2008	UNI www.uni.com
Bologna	22-24/10/2012	Modulo Specialistico Auditor/Responsabili Gruppo di Audit di Sistema di Gestione Qualità	CERMET www.cermet.it

Luogo	Data	Titolo	Organizzatore
Roma	22-24/10/2012	Modulo Specialistico Auditor/Responsabili Gruppo di Audit di Sistema di Gestione Qualità	CERMET www.cermet.it
Roma	24-26/10/2012	Corso Auditor Sistemi di Gestione per la Qualità II Modulo	AICQ - Centro Insulare www.aicqci.it
Roma	29-30/10/2012	Redazione e gestione della documentazione del Sistema di Gestione per la Qualità	AICQ - Centro Insulare www.aicqci.it
Milano	29-31/10/2012	Corso di formazione per auditor interni del sistema di gestione per la sicurezza in conformità allo standard BS OHSAS 18001/2007	AICQ - Centro Nord www.aicqcn.it
Milano	30/10/2012	Come integrare i Sistemi di Gestione: Qualità, Ambiente, Sicurezza e Responsabilità Sociale con i contenuti in sisntesi della specifica BS PAS 99/2006	AICQ - Centro Nord www.aicqcn.it
Milano	06/11/2012	Applicare i modelli D.LGS 231/01 in modo semplice ed efficace	UNI www.uni.com
Bologna	07/11/2012	La Gestione Integrata d'Impresa: Sicurezza, Ambiente, Qualità	CERMET www.cermet.it
Milano	07/11/2012	Audit e controlli sui modelli di organizzazione e gestione previsti dal D.LGS 231/01	UNI www.uni.com
Bologna	08-09/11/2012	L'Audit Interno di Sistema Integrato Sicurezza, Ambiente, Qualità	CERMET www.cermet.it
Milano	19/11/2012	Applicazione del Decreto Ministeriale n. 329 1° DICEMBRE 2004 - Criteri generali per la gestione degli impianti industriali	UNI www.uni.com
Roma	19-21/11/2012	Corso di Qualificazione per Mystery Auditor:la norma UNI/TS 11312:2008	AICQ - Centro Insulare www.aicqci.it
Roma	26/11/2012	Organizzazioni di successo con la norma UNI EN ISO 9004:2009	UNI www.uni.com

Mostre e Convegni

Luogo	Data	Titolo	Contatti
Graz - Seggau, Austria	24-26/09/2012	10th International Seminar Numerical Analysis of Weldability	http://portal.tugraz.at office@iws.tugraz.at
Calgary, Alberta, Canada	24-28/09/2012	International Pipeline Exposition (IPE)	www.internationalpipelineconference.com pipelineexposales@dmgevents.com
Shanghai, Cina	25-28/09/2012	Tube China 2012	www.tubechina.com
Kielce, Polonia	25-29/09/2012	Aluminium & NonFerMet - 11a Fiera della Tecnologia, Lavorazione ed Applicazioni dei Metalli non Ferrosi	www.nonfermet.targikielce.pl www.targikielce.pl pawelec.p@targikielce.pl
Mogilev, Republic of Belarus	26-27/09/2012	NDT-HUB - 4th International Scientific-Technical Conference and Exhibition on Modern Methods and Devices for Testing the Quality and Diagnostics of the Object State	www.ndthub.com konf@bru.mogilev.by
Duisburg, Germany	26-27/09/2012	WELDING TRAINER 2012. The new educational course for welders	www.schweisssimulation.eu bove@gsi-slv.de

Luogo	Data	Titolo	Contatti
Stresa (VB), Italy	26-27/09/2012	Duplex Seminar & Summit 2012	www.stainless-steel-world.net info@stresacongressi.it
Università di Genova / Facoltà di Ingegneria, Italy	27/09/2012	Lo sviluppo delle tecnologie di saldatura per la fabbricazione di prodotti di spessore sottile: conciliare produttività e qualità del processo	www.iis.it manifestazioni.info@iis.it
Niagara, Ontario, Canada	30/09/2012 03/10/2012	COM 2012 - Conference of Metallurgists	www.cim.org/COM2012 metsoc@cim.org
Milano, Italy	02-06/10/2012	BI-MU - Macchine utensili a deformazione e asportazione, robot, automazione, tecnologie ausiliarie / SFORTEC - Mostra della subfornitura tecnica e servizi per l'industria	www.bimu-sfortec.com bimu.esp@ucimu.it sfortec.esp@ucimu.it
Dresden, Germany	07-10/10/2012	IUS 2012 - IEEE International Ultrasonics Symposium in Dresden	ius2012.ifw-dresden.de m.weihnacht@ifw-dresden.de
Pittsburgh, PA	07-11/10/2012	MS&T'12 - Materials Science & Technology 2012 Conference & Exhibition	www.asminternational.org memberservicecenter@asminternational.org
Vienna, Austria	10-11/10/201	JOIN-EX 2012 - International Congress on Welding and Joining	www.messe.at www.vienna-tec.at
Confindustria Padova, Italy	16/10/2012	Seminario: "La fabbricazione di strutture metalliche saldate in Italia oggi: quali opzioni per i costruttori italiani?"	www.iis.it manifestazioni.info@iis.it
Houston Texas, USA	16-17/10/2012	Stainless Steel World Americas Conference & Expo 2012	www.stainless-steel-world.net/calendar a.davanzo@kci-world.com
Munich, Germany	22–23/10/2012	AWS / GSI Conference on U.S. and European Welding Standards: Structural, Pressure Piping, Pipelines, Railroad, NDT	www.slv-muenchen.de slv@slv-muenchen.de
San Diego, California	22-25/10/2012	API Storage Tank Conference & Expo	www.api.org registrar@api.org
Charleston, SC	22-25/10/2012	SAMPE Tech 2012	http://sampe.org priscilla@sampe.org
Hannover, Germany	23-27/10/2012	EuroBLECH 2012 - 22ª Fiera Internazionale Tecnologica della Lavorazione della Lamiera	www.euroblech.com info@euroblech.com
London, UK	24/10/2012	BS7910: 2012 Launch Seminar Guide to Methods for Assessing the Acceptability of Flaws in Metallic Structures	www.twi.co.uk becki.parratt@twi.co.uk
Orlando, Florida	29/10/2012 01/11/2012	ASNT Fall Conference and Quality Testing Show 2012	www.asnt.org conferences@asnt.org
Legnano, Italy	30/10/2012	Seminario "Sicurezza in saldatura: onere o strumento per lo sviluppo della competitivita'?"	www.iis.it manifestazioni.info@iis.it
Mumbai, India	30/10/2012 01/11/2012	Wire & Cable India 2012	www.wire-india.com muny@honegger.it

Luogo	Data	Titolo	Contatti
Mumbai, India	30/10/2012 01/11/2012	Tube Metallurgy India 2012 - The International Exhibition on Metals, Metallurgical Technology and Services	www.metallurgy-india.com muny@honegger.it
Worcester, MA	30/10/2012 01/11/2012	North American Cold Spray Conference (NACS)	www.asminternational.org memberservicecenter@asminternational.org
Sec, Chrudim, Czech Republic	30/10/2012 01/11/2012	NDE for Safety 2012 / Defektoskopie 2012 - 42nd International Conference and NDT Exhibition	www.cndt.cz cndt@cndt.cz
Berlin, Germany	06-08/11/2012	CSHM-4 - Workshop on Civil Structural Health Monitoring "SHM systems supporting extension of the structures' service life"	www.cshm-4.com tagungen@dgzfp.de
Dresden, Germany	07-09/11/2012	CELLMAT 2012 - Cellular Materials	www.conventus.de/cellmat sebastian.leipelt@conventus.de
Melbourne, Victoria, Australia	11-14/11/2012	Corrosion & Prevention 2012	www.corrosion.com.au conference@corrosion.com.au
Phoenix, AZ	11-15/11/2012	ISTFA - 38th International Symposium for Testing and Failure Analysis	www.asminternational.org memberservicecenter@asminternational.org
Las Vegas, NV	12-14/11/2012	FABTECH 2012 North America's largest metal forming, fabricating, welding and finishing event & AWS Welding Show	www.aws.org www.fabtechexpo.com
Augsburg, Germany	13-15/11/2012	14th International Symposium on NDT in Aerospace	www.ndt-aerospace.com tagungen@dgzfp.de
Beijing, China	13-15/11/2012	TIEXPO 2012 -The 7th China (Beijing) International Titanium Industry Expo	www.tiexpo.net TiEXPO@mail.com
Monaco di Baviera, Germania	13-16/11/2012	ELECTRONICA 2012 - Salone internazionale dedicato ai componenti e ai sistemi elettronici	www.electronica.de info@electronica.de
Atlanta, GA	14/11/2012	Third Symposium on Fatigue and Fracture Metallic Medical Materials and Devices	www.astm.org michael.r.mitchell@nau.edu
Singapore	19-20/11/2012	M3 2012 - 2nd Annual International Conference on Materials Science, Metal & Manufacturing	www.m3-conference.org info@m3-conference.org
St. Petersburg, Russia	20-22/11/2012	ALUSIL 2012 - The Second International Conference and Exhibition	http://eng.alusil.ru main@alusil.ru
Centro Congressi FAST - Milano Italy	27/11/2012	Convegno "Robotica ed automazione dei processi in saldatura: quali alternative ai processi convenzionali?"	www.iis.it manifestazioni.info@iis.it
Düsseldorf, Germany	27-29/11/2012	Valve World Conference & Expo 2012 8th Biennal Valve World Conference and Exhibition	www.valveworldexpo.com l.pourtork@kci-world.com

REGIONE
TOSCANA
TOSCANA
PROMOZIONE
C.C.I.A.A.
DI MASSA CARRARA
Camera di Commercio
Lucca

Cassa
di Risparmio
di Carrara S.p.A.

CARRARAFIERE
Business on the Move

Nuova Collana di CD Tecnici

Ispezione Basata sul Rischio (RBI)

Articoli scelti da Rivista Italiana della Saldatura

- Esperienze nell'ispezione e nella manutenzione di serbatoi di stoccaggio di prodotti petroliferi
  F. Bresciani e *F. Peri*
  Rivista Italiana della Saldatura Marzo/Aprile 2008

- L'approccio RBI nel contesto delle verifiche periodiche di legge
  G. Canale
  Rivista Italiana della Saldatura Maggio/Giugno 2008

- Nuovi sviluppi della procedura API RP 581 "Risk Based Inspection"
  S. Pinca
  Rivista Italiana della Saldatura Maggio/Giugno 2009

- Vulnerabilità dei giunti saldati e meccanismi di danneggiamento attivi negli impianti di processo e petrolchimici: affidabilità mediante la programmazione dell'ispezione basata sul rischio (RBI) - Parte I
  G. Canale, M. De Marco e *S. Pinca*
  Rivista Italiana della Saldatura Maggio/Giugno 2011

- Vulnerabilità dei giunti saldati e meccanismi di danneggiamento attivi negli impianti di processo e petrolchimici: affidabilità mediante la programmazione dell'ispezione basata sul rischio (RBI) - Parte II
  G. Canale, M. De Marco e *S. Pinca*
  Rivista Italiana della Saldatura Luglio/Agosto 2011

Codice: 101512, € 30,00

Soci IIS - Membri IIS Club € 24,00

Settore DDC
Maura Rodella

Lungobisagno Istria, 15
16141 GENOVA

Tel. 010 8341385
Fax 010 8367780

Email: maura.rodella@iis.it
www.weldinglibrary.com
www.iis.it

Ricerche Bibliografiche

Dati IIS-Data

"Ispezione basata sull'analisi del rischio" (2009-2012)

The link between risk-informed in-service inspection and inspection qualification di GANDOSSI L. et al., «Insight» Gennaio 2009, pp. 16-20.
Controllo non distruttivo; ispezione basata sull'analisi del rischio; operazioni in servizio; simulazione; valutazione del rischio.

Risk assessment for pipelines with active defects based on artificial intelligence methods di ANGHEL C.I., «The International Journal of PVP» V. 86, N. 7/2009, pp. 403-411.
Acciai per condotte; condotte; difetti; intelligenza artificiale; ispezione basata sull'analisi del rischio; modelli di calcolo; operazioni in servizio; pressione; simulazione; valutazione del rischio.

Combining discrete-time Markov processes and probabilistic fracture mechanics in RI-ISI risk estimates di CRONVALL O. e MÄNNISTÖ I., «The International Journal of PVP» V. 86, N. 11/2009, pp. 732-737.
Analisi con elementi finiti; condotte; criccabilitá; fattori di sicurezza; impianti; industria nucleare; ispezione basata sull'analisi del rischio; meccanica della frattura; operazioni in servizio; propagazione delle cricche; simulazione; tensocorrosione; valutazione del rischio.

Non-Destructive evaluation: challenges and solutions di BOYNARD C. e QUINTINO L., «Australian Welding Journal» Ottobre-Dicembre 2009, pp. 8-14, 19.
Analisi strutturale; controllo non distruttivo; controllo ultrasonoro; controllo ultrasonoro "phased array"; controllo ultrasonoro TOFD; emissione acustica; fattori di sicurezza; impianti; ispezione basata sull'analisi del rischio; meccanica della frattura; sviluppo; trasduttori; valutazione; valutazione del rischio; vita residua.

Monitoraggio e conservazione degli impalcati metallici: proposta di un sistema di pianificazione dei controlli e degli interventi di manutenzione di BOTTA S. e SCANAVINO S., «Rivista Italiana della Saldatura» Novembre-Dicembre 2009, pp. 719-728.
Acciai da costruzione; affidabilità; costruzioni civili; costruzioni in acciaio; durata della vita; elementi costrut-

tivi; ispezione basata sull'analisi del rischio; manutenzione; modelli di calcolo; operazioni in servizio; ponti; progettazione, concezione; valutazione del rischio.

The role of welded joint vulnerability and various damege mechanisms active in process and petrochemical plants: reliability analysis with risk based inspection (RBI) approach di CANALE G. et al., «WRC Bulletin» N. 533/2010, pp. 45.
Affidabilità; alta temperatura; analisi con elementi finiti; corrosione; distribuzione delle tensioni; estensione della vita in servizio; giunti saldati; idoneità all'impiego; impianti; industria petrolifera; infragilimento da idrogeno; ingegneria chimica; ispezione basata sull'analisi del rischio; materiali resistenti allo scorrimento a caldo; modelli di calcolo; recipienti in pressione; resistenza a fatica; resistenza ad alta temperatura; rottura fragile; rotture di fatica; scorrimento a caldo; tensioni residue; tensocorrosione; valutazione del rischio.

Development of probabilistic fracture mechanics analysis codes for reactor pressure vessels and piping considering welding residual stress di ONIZAWA K. et al., «The International Journal of PVP» V. 87, N. 1/2010, pp. 2-10.
Acciai basso-legati; acciai inossidabili; acciai inossidabili austenitici; analisi con elementi finiti; codici di buona pratica; controllo non distruttivo; controllo ultrasonoro; corrosione; criccabilitá; distribuzione delle tensioni; fascio di neutroni; fattori di sicurezza; industria nucleare; infragilimento; ispezione basata sull'analisi del rischio; meccanica della frattura; operazioni in servizio; perdita; placcatura; prove di meccanica della frattura; raffreddamento; recipienti in pressione; ricarica ad arco sommerso; shock termico; simulazione; sviluppo; tensioni residue; tensocorrosione; trattamento termico dopo saldatura; tubi; valutazione del rischio.

Application of a Bayesian model for the quantification of the European methodology for qualification of non-destructive testing di GANDOSSI L. et al., «The International Journal of PVP» V. 87, N. 2-3/2010, pp. 111-116.
Controllo non distruttivo; Europa; industria nucleare; ispezione basata sull'analisi del rischio; operazioni in servizio; simulazione.

Review of models and simulators for NDT reliability (POD) di WALL M. et al., «Insight» Novembre 2009, pp. 612-619.
Affidabilità; attività internazionali; controllo non distruttivo; controllo ultrasonoro; corrosione; costruzioni ferroviarie; cricche di fatica; errori; fattori umani; gestione aziendale; industria petrolifera; ispezione basata sull'analisi del rischio; programma di elaboratori; radiografia; recensione, rassegna; simulazione; studi teorici; tensocorrosione; valutazione del rischio.

Activities on risk-informed in-service inspection within the ENIQ network di GANDOSSI L. e SIMOLA K., «Insight» Dicembre 2009, pp. 650-653.
Analisi strutturale; attività internazionali; controllo della qualità; controllo non distruttivo; Europa; fattori di sicurezza; impianti; industria nucleare; ispezione basata sull'analisi del rischio; operazioni in servizio; recipienti in pressione; valutazione del rischio.

Reliability assessment of manual ultrasonic time of flight diffraction (TOFD) inspection for complex geometry components di NATH S.K. et al., «NDT & E International» N. 2/2010, pp. 152-162.
Affidabilità; alberi di trasmissione; alluminio; analisi delle tensioni; componenti; condizioni superficiali; controllo non distruttivo; controllo ultrasonoro; controllo ultrasonoro TOFD; cricche di fatica; dimensionamento; distribuzione delle tensioni; fatica a basso numero di cicli; ispezione basata sull'analisi del rischio; manutenzione; operazione manuale; proprietà termiche; resistenza a fatica; rotazione; simulazione; turbine a vapoure.

Nondestructive testing to reduce risk of failure di MURPHY R. V., «CINDE Journal» N. 2/2009, pp. 15-17.
Aerei; applicazioni; certificazione del personale; condotte; controllo della qualità; controllo non distruttivo; controllo ultrasonoro; fattori di sicurezza; industria nucleare; industria petrolifera; ISO; ispezione basata sull'analisi del rischio; norme; radiografia; raggi X; rotture; valutazione del rischio.

Bridge health di MOON F. et al., «Materials Evaluation» Novembre 2009, pp. 1249-1257.
Altri metodi di controllo non distruttivo; analisi strutturale; controllo con liquidi penetranti; controllo magnetoscopico; controllo non distruttivo; controllo ultrasonoro; controllo visivo; costi; costruzioni civili; durata della vita; emissione acustica; fattori di sicurezza; gestione aziendale; ispezione basata sull'analisi del rischio; manutenzione; operazioni in servizio; ottica; ponti; radiografia; raggi infrarossi; simulazione; strade; valutazione del rischio.

Review of pipeline integrity management practices di KISHAWY H.A. e GABBAR H. A., «The International Journal of PVP» V. 87, N. 7/2010, pp. 373-380.

Acciai per condotte; analisi delle tensioni; analisi strutturale; condotte; controllo non distruttivo; corrosione; fattori di sicurezza; gestione aziendale; ispezione basata sull'analisi del rischio; manutenzione; operazioni in servizio; recensione, rassegna; rotture.

Extending the internal examination intervals for pressure vessels using a Risk Based Inspection (RBI) approach di MOORE P. e WINTLE J., «Welding and Cutting» Maggio-Giugno 2010, pp. 160-166.
Acciai per basse temperature; controllo non distruttivo; corrosione; gas naturale; gestione aziendale; impianti; ispezione basata sull'analisi del rischio; operazioni in servizio; recipienti in pressione; rotture; salute e sicurezza; valutazione del rischio; vita residua.

Titanium tube failures in Helifin heat exchangers di ANDERSEN O. et al., «Stainless Steel World» Luglio-Agosto 2010, pp. 67-73.
Acqua di mare; condizioni di servizio; condizioni superficiali; controllo con correnti indotte; controllo non distruttivo; criccabilitá; durata della vita; gas naturale liquefatto; industria petrolifera; ingegneria chimica; ispezione basata sull'analisi del rischio; piastre tubiere; previsione; raffreddamento; rotture; rugosità; scambiatori di calore; titanio; usura; vibrazione.

Study of methodologies for risk assessment in operational system safety di EMBAREK M.C. e HADJADJ E. A., «Journal of Failure Analysis and Prevention» Novembre-Dicembre 2010, pp. 540-544.
Analisi strutturale; condizioni di servizio; fattori di sicurezza; fattori umani; gestione aziendale; incidenti sul lavoro; ispezione basata sull'analisi del rischio; valutazione del rischio.

Vulnerabilità dei giunti saldati e meccanismi di danneggiamento attivi negli impianti di processo petrolchimici: affidabilità mediante la programmazione dell'ispezione basata sul rischio (RBI) - Parte I di CANALE G. et al., «Rivista Italiana della Saldatura» Maggio-Giugno 2011, pp. 323-337.
Alta pressione; corrosione; durata della vita; fattori di sicurezza; giunti saldati; impianti; ingegneria chimica; ispezione basata sull'analisi del rischio; materiali resistenti allo scorrimento a caldo; meccanica della frattura; metodi statistici; operazioni in servizio; ottimizzazione; proprietà meccaniche; recensione, rassegna; recipienti in pressione; resistenza ad alta temperatura; riparazione; rotture; tensocorrosione.

A Step toward risk mitigation during conceptual product design: component selection for risk reduction di KRUS D. e GRANTHAM K., «Journal of Failure Analysis and Prevention» Luglio-Agosto 2011, pp. 432-445.
Analisi delle tensioni; ispezione basata sull'analisi del rischio; meccanica della frattura; progettazione, concezione; resistenza a fatica; rotture; rotture di fatica; simulazione; valutazione del rischio.

On failure risk simulation in pressure vessels and pipe systems. Static analysis di CIOCLOV D. D., «BID-ISIM» N. 2/2011, pp. 3-14.
Affidabilità; condizioni di servizio; controllo non distruttivo; ispezione basata sull'analisi del rischio; meccanica della frattura; metodi statistici; recipienti in pressione; rotture; simulazione; valutazione del rischio.

Vulnerabilità dei giunti saldati e meccanismi di danneggiamento attivi negli impianti di processo e petrolchimici: affidabilità mediante la programmazione dell'ispezione basta sul rischio (RBI) - Parte II di CANALE G. et al., «Rivista Italiana della Saldatura» Luglio-Agosto 2011, pp. 503-513.
Alta pressione; corrosione; durata della vita; fattori di sicurezza; giunti saldati; impianti; ingegneria chimica; ispezione basata sull'analisi del rischio; materiali resistenti allo scorrimento a caldo; meccanica della frattura; metodi statistici; operazioni in servizio; ottimizzazione; proprietà meccaniche; recensione, rassegna; recipienti in pressione; resistenza ad alta temperatura; riparazione; rotture; tensocorrosione.

Risk evaluation for motor operated valves in an inservice testing program at a PWR nuclear power plant in Taiwan di LI Y.C. et al., «The International Journal of PVP» V.90, N.2-3/2012, pp. 17-21.
Industria nucleare; ispezione basata sull'analisi del rischio; operazioni in servizio; recipienti in pressione; valutazione del rischio.

Fonti dei riferimenti bibliografici

Riviste italiane e straniere analizzate per la Banca Dati IIS-Data

Titolo	Abbreviaz.
Acciaio	Acciaio
Advanced Materials Processes	Mat. Processes
Alluminio e Leghe	AL
Alluminio Magazine	Alluminio
Ambiente e Sicurezza sul Lavoro	Sicurezza Lav.
Analysis Europa	Analysis
Anticorrosione	Anticorrosione
ASTM Standardization News	ASTM Std.
ATA Ingegneria Automobilistica	ATA
Australasian Welding Journal	Austr. Wdg. J.
Australian Welding Research	Austr. Wdg. Res.
Automatic Welding	Aut. Weld.
Automazione Energia Informazione	AEI
Avtomaticheskaya Svarka	Aut. Svarka
Befa - Mitteilungen	Befa Mitt.
BID-ISIM	BID-ISIM
Biuletyn ISG	Biuletyn
Boletin Tecnico Conarco	Conarco
Bollettino Tecnico Finsider	Finsider
Bollettino Tecnico RTM	RTM
Brazing and Soldering	Braz. Sold.
Bridge Design & Engineering	Bridge
British Corrosion Journal	Br. Corr. J.
China Welding	China Weld.
Chromium Review	Chomium
Constructia De Masini	Constr. Masini
Costruzioni Metalliche	Costr. Met.
Czechoslovak Heavy Industry	Czech. Heavy
De Qualitate	Qualitate
Deformazione	Deformazione
Der Praktiker	Praktiker
Elettronica Oggi	Elettronica
Elin Zeitschrift	Elin
Energia Ambiente Innovazione	Enea E.A.I.
Energia e Calore	Energia
Energia e Materie Prime	Energia
EPE International	EPE
Esa Bulletin	Esa Bulletin
Eurotest Technical Bulletin	Eurotest
Fogli d'Informazione Ispesl	ISPESL
Fonderia	Fonderia
FWP Journal	FWP J.
GEP	GEP
Giornale del Genio Civile	Giornale G.C.
Heron	Heron
Hightech	Hightech
Hitsaustekniikka	Hitsaust.
Hybrid Circuits	Hybrid
Iabse Periodica	IABSE
Il Filo Metallico	Filo Metallico
Il Giornale delle Prove non Distruttive	Giornale PND
Il Giornale delle Scienze Applicate	Scienze Applic.
Il Perito Industriale	Perito Ind.
Il Saldatore Castolin	Castolin
Ilva Quaderni	Ilva
Industrial Laser Rewiew	Ind. Laser
Ingegneria Ambientale	I.A.
Ingegneria Ferroviaria	Ing. Ferr.
Inossidabile	Inossidabile
Insight	Insight
International Construction	Int. Const.
Interplastics	Interplastics
IPE International	IPE
ISO Bulletin	ISO
J. of Offshore and Polar Engineering	Offshore
Joining & Materials	Joining
Joining of Materials	JOM
Joining Sciences	Join. Sciences
Journal of Bridge Engineering	Jour. Bridge
Journal of the Japan Welding Society	Journal JWS
Kunststoffe	Kunststoffe
L'Acciaio Inossidabile	Acc. Inoss.

Titolo	Abbreviaz.
L'Allestimento	Allestimento
L'Elettrotecnica	Elettr.
L'Industria Meccanica	Ind. Mecc.
L'Installatore Tecnico	Installatore
La Meccanica Italiana	Mecc. Ital.
La Metallurgia Italiana	Met. Ital.
La Termotecnica	Termotecnica
Lamiera	Lamiera
Laser	Laser
Lastechniek	Lastech.
Lavoro Sicuro	Lav. Sic.
Lo Stagno ed i suoi Impieghi	Stagno
Macchine & Giornale dell'Officina	Officina
Macplas	Macplas
Manutenzione: Tecnica e Management	Manutenzione
Materialprüfung	Materialprüf.
Material and Corrosion	Mat. Cor.
Materials Evaluation	Mat. Eval.
Materials Performance	MP
Meccanica & Automazione	Mec. & Aut.
Meccanica & Macchine di Qualità	Mecc. & Macchine
Meccanica Moderna	Mecc. Moderna
Meccanica Oggi	Meccanica
Mechanical Engineering	Mech. Eng.
Metal Construction	Met. Con.
Metalli	Metalli
Metallurgical and Materials Transactions	Met. Trans.
Metallurgical B	Metallurgical B
Metallurgical Reports CRM	Met. Rep.
Metallurgical Transactions	Metallurgical T
Metalurgia & Materiais	Met. Materiais
Metalurgia International	Metalurgia
Modern Plastics International	Plastics Int.
Modern Steel Construction	Steel Constr.
NDT & E International	NDT & E Int.
NDT & E International UK	NDT & E Int.
NDT International	NDT Int.
Notagil S.I.	Notagil
Notiziario dell'ENEA Energia e Innovazione	ENEA E.I.
Notiziario dell'ENEA Sic. e Prot.	ENEA-DISP.
Notiziario Tecnico AMMA	AMMA
NRIM Research Activities	NRIM Research
NT Tecnica e Tecnologia AMMA	NT AMMA
Oerlikon Schweissmitteilungen	Oerlikon
PCB Magazine	PCB
Perito Industriale	Perito Ind.
Petrolieri d'Italia	Petrolieri I.
Pianeta Inossidabili	Inox
Plastic Pipes Fittings	Plastics
Prevenzione Oggi	Prevenzione
Produttronica	Produttronica
Protective Coatings Europe	PCE
Przeglad Spawalnictwa	Pr. Spawal.
Quaderni Pignone	Pignone
Qualificazione Industriale	Qualificazione
Qualità	Qualità
Rame e Leghe	CU
Rame Notizie	Rame
Research in Nondestructive Evaluation	Research NDE
Revista de Los Trat. Ter. y de Superficie	Tratersup
Revista de Metalurgia	Rev. Met.
Revista de Soldadura	Rev. Soldadura
Revue de la Soudure	Rev. Soud.
Revue de Metallurgie CIT	Revue Met. CIT
Revue de Metallurgie MES	Revue Met. MES
Ricerca e Innovazione	Ric. Inn.
Riv. Infortuni e Malattie Professionali	Riv. Inf.
Rivista di Meccanica	Riv. Mecc.
Rivista di Meccanica Oggi	Riv. Mecc. Oggi
Rivista di Meccanica International	Riv. Mecc. Inter.
Rivista Finsider	Riv. Finsider
Rivista Italiana della Saldatura	Riv. Sald.

Titolo	Abbreviaz.
Schweissen & Pruftechnik	Sch. Pruf.
Schweissen und Schneiden	Schw. Schn.
Schweisstechnik	Schweisst.
Schweisstechnik	Sch. Tec.
Science and Technology of W and J	Weld. Join.
Seleplast	Seleplast
Sicurezza e Prevenzione	Sicurezza
Skoda Review	Skoda
Soldadura e Construcao Metalica	Soldadura
Soldadura y Tecnologias de Union	Sold. Tec.
Soldagem & Inspecao	Inspecao
Soldagem & Materiais	Soldagem
Soldering & Surface Mount Technology	Soldering
Soudage et Techniques Connexes	Soud. Tecn. Con.
Souder	Souder
Stahlbau	Stahlhau
Stainless Steel Europe	Stainless Eu.
Stainless Steel World	Stainless World
Stainless Today	Stainless
Steel Research	Steel
Structural Engineering International	Engineering
Sudura	Sudura
Surface Engineering	Surface
Svarochnoe Proizvodstvo	Svar. Proiz.
Sveiseteknikk	Sveiseteknikk
Svetsaren	Svetsaren
Svetsen	Svetsen
Technica/Soudure	Tech. Soud.
Technical Diagnostics and NDT Testing	NDT Testing
Technical Review	Tech. Rev.
Technische Uberwachung	Techn. Uberw.
Tecnologia Qualidade	Qualidade
Tecnologie e Trasporti per il Mare	Tec. Tra. Mare
Tecnologie per il Mare	Tec. Mare
Teknos	Teknos
The Brithis Journal of NDT	Br. Nondestr.
The European Journal of NDT	European NDT
The International Journal of PVP	Journal PVP
The Journal of S. and E. Corrosion	Corrosion
The Paton Welding Journal	Paton Weld. J.
The TWI Journal	TWI Journal
The Welding Innovation Quarterly	Weld. Innovation
Tin and Its Uses	TIN
Transactions of JWRI	Trans. JWRI
Transactions of JWS	Trans. JWS
Transactions of NRIM	Trans. NRIM
Ultrasonics	Ultrasonics
Unificazione e Certificazione	Unificazione
Università Ricerca	Università
Unsider Notizie di Normazione	Unsider
Varilna Tehnika	Var. Teh.
Westnik Maschinostroeniya	–
Welding & Joining	Weld. Joining
Welding & Joining Europe	Weld. J. Europe
Welding and Metal Fabrication	Welding
Welding Design and Fabrication	Weld. Des.
Welding in the World	Weld. World
Welding International	Weld. Int.
Welding Journal	Wdg. J.
Welding Production	Weld. Prod.
Welding Review International	Weld. Rev.
WRC Bulletin	WRC Bulletin
WRI Journal	WRI J.
Zavarivac	Zavarivac
Zavarivanje	Zavarivanje
Zavarivanje I	Zavariv.
Zincatura a caldo	Zincatura
Zis Mitteilungen	ZIS
Zis Report	Zis
Zvaracske Spravy	Zvaracske
Zváranie	Zváranie

Elenco degli Inserzionisti

Pagina	Inserzionista	Sito web
--	ACS ACAI	www.acaiacs.it
475-476	AEC TECHNOLOGY	www.aectechnology.it
--	AIPND	www.aipnd.it
--	AIR LIQUIDE WELDING	www.airliquidewelding.it
--	ANASTA	www.anasta.it
--	ANDIT AUTOMAZIONE	www.anditaut.it
--	AQM	www.aqm.it
--	ASG Superconductors	www.as-g.it
--	ASSOMOTORACING	www.assomotoracing.it
--	BERKENHOFF	www.bedra.com
--	BIT	www.bitcostruzioni.com
464	BÖHLER WELDING GROUP ITALIA	www.btw.it; www.bohlerweldinggroup.com
--	CAPILLA	www.capilla-gmbh.de
484	CEA	www.ceaweld.com
--	CEBORA	www.cebora.it
--	CGM TECHNOLOGY	www.cgm-cigiemme.it
541	COM-MEDIA	www.watergas.it
459	COMMERSALD	www.commersald.com
--	DRAHTZUG STEIN	www.drahtzug.de
512	DVC - DELVIGO COMMERCIALE	www.delvigo.com
--	EDIBIT	www.edibit.com
--	EDIMET	www.edimet.it; www.aluplanet.com
4ª di copertina	ESAB SALDATURA	www.esab.it
--	ESARC	www.esarc.it
--	ETC OERLIKON	www.oerlikon.it
--	EUROCONTROL	www.eurocontrol.it
--	F.B.I.	www.fbifbi.com
--	FIERA ACCADUEO	www.accadueo.com
--	FIERA AFFIDABILITA' & TECNOLOGIE	www.affidabilita.eu
--	FIERA AIRET	www.airet.it
--	FIERA BIAS	www.fieramilano.it
--	FIERA BIMEC	www.bi-mec.it; www.ucimu.it
--	FIERA BI-MU	www.bimu-sfortec.com; www.ucimu.it
--	FIERA BIMU-MED	www.ucimu.it
--	FIERA DI ESSEN	www.messe-essen.de
569	FIERA EUROBLECH	www.euroblech.com
--	FIERA EXPOLASER	www.expolaser.it
--	FIERA EXPOMECCANICA	www.centrofiera.it
--	FIERA LAMIERA	www.lamiera.net; www.ucimu.it
--	FIERA LASER WORLD OF PHOTONICS	www.monacofiere.com
--	FIERA MCM	www.mcmonline.it
587	FIERA MECSPE	www.senaf.it
--	FIERA METEF	www.metef.com
--	FIERA MOTORSPORT EXPOTECH	www.motorsportexpotech.it
--	FIERA SAMUMETAL	www.samumetal.it
581	FIERA SEATEC	www.sea-tec.it
--	FIERA TEKNOMOTIVE	www.teknomotive.com
570	FIERA TT EXPO	www.ttexpo.it
--	FIERA VENMEC	www.venmec.it
--	FONDAZIONE ALDINI VALERIANI	www.fav.it
542	FRO-AIR LIQUIDE Welding Italia	www.airliquidewelding.it
--	GE INSPECTION TECHNOLOGIES	www.ge.com
474	GILARDONI	www.gilardoni.it
--	HARMS & WENDE	www.harms-wende.de
524	HENKEL ITALIA	www.henkel.it
--	HYPERTHERM Europe B.V.	www.hypertherm.com
--	IGUS	www.igus.it
--	INE	www.ine.it
494	ITW	www.itw.com; www.millerwelds.com
554	LANSEC ITALIA	www.lansec.it
--	LINCOLN ELECTRIC ITALIA	www.lincolnelectric.it
--	LINK INDUSTRIES	www.linktrading.com
568	MEDIAPOINT & COMMUNICATIONS	www.mediapointsrl.it
547	MEDIAVALUE	www.mediavalue.it
--	MESSER ITALIA	www.messeritalia.it
--	NDT ITALIANA	www.ndt.it
--	OLYMPUS ITALIA	www.olympus.it
473	ORBITALUM TOOLS	www.orbitalum.com
--	OUTOKUMPU	www.outokumpu.com
--	OXYTURBO	www.oxyturbo.it
--	PUBLITEC	www.publitec.it
--	RANDSTAD GROUP ITALIA	www.randstad.it
--	REMASALD	www.remasald.it
--	RIVISTA MECCANICA & AUTOMAZIONE	www.mechanical-automation.com
548	RIVISTA TECN'È	www.tecnelab.it
--	RIVISTA U & C	www.mediavalue.it
472	RIVOIRA	www.rivoiragas.it
502	SALDOBRAZ ENGINEERING SRL	www.saldobraz.it
--	SALTECO	www.salteco.it
536	SANDVIK ITALIA	www.sandvik.com
--	SAPIO	www.grupposapio.it
--	SELCO	www.selco.it
--	SE.MAT	www.sematspa.it
537	SEMAT EQUIPMENT	www.sematequipment.com
--	SIAD	www.siad.com
--	SIGMA INTERNATIONAL	www.sigmainternational.it
--	SINCOSALD	www.sincosald.it
564	SMART N.D.T.	www.smartndt.it
Controcopertina + 493	TECNOELETTRA	www.tecnosa.it
--	TECNOMECCANICA	www.tecnomeccanica.net
--	TELWIN	www.telwin.it
--	TQM	www.aicqcn.it
523	TRAFILERIE DI CITTADELLA	www.fileur.com
501	TRAFIMET DISTRIBUTION	www.trafimetdistribution.com
--	VICTOR TECHNOLOGIES EUROPE	www.victortechnologies.eu

OK AristoRod 12.50
Net 18 kg

ESAB